

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura**

Dipartimento di Architettura

(DA)

**TESI DI LAUREA**

in

Architettura Tecnica

**RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA ED ENERGETICA:  
IL CASO DEL COMPARTO VIA TORINO-VIA DEGLI ORTOLANI  
A BOLOGNA**

Candidata:

MADDALENA MALAGOLI

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa

ANNARITA FERRANTE





*Alla mia famiglia*

---

---

---

## **Indice**

<b>Premessa .....</b>	<b>1</b>
<b>Introduzione .....</b>	<b>3</b>
<b>1. La riqualificazione energetica ed architettonica .....</b>	<b>5</b>
1.1 Il tema energetico .....	9
1.2 La Riqualificazione energetica ed architettonica nel caso di studio .....	17
<b>2. Analisi preliminari sullo stato di fatto .....</b>	<b>19</b>
2.1 Il progetto originale del quartiere Cavedone .....	19
2.2 Il quartiere Cavedone allo stato attuale .....	24
2.3 Il complesso delle torri Cavedone .....	28
2.4 L'edificio a torre .....	33
2.5 Analisi energetica dell'edificio attuale .....	47
<b>3. Calcolo della convenienza economica .....</b>	<b>63</b>
<b>4. Edificio esistente: gli interventi di riqualificazione proposti .....</b>	<b>71</b>
4.1 Isolamento pareti esterne mediante un cappotto esterno .....	71
4.2 Isolamento dei solai .....	76
4.3 Sostituzione degli infissi .....	76
<b>5. Edificio di servizio: il progetto .....</b>	<b>79</b>
5.1 Il progetto dal punto di vista architettonico .....	82
5.2 L'organizzazione costruttiva dell'edificio di addizione .....	102
<b>6. Le alternative di completamento dell'edificio esistente .....</b>	<b>113</b>
<b>7. L'impianto fotovoltaico .....</b>	<b>123</b>

---

---

7.1	Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico .....	128
7.2	Il progetto dell'impianto fotovoltaico .....	131
8.	<b>Conclusioni</b> .....	137
	<b>Bibliografia</b> .....	139
	<b>Allegati Grafici</b> .....	141

---

## **Premessa**

La tesi si iscrive nell'ambito degli interventi sugli edifici esistenti ed in particolare sceglie di approfondire il tema della riqualificazione energetica ed architettonica del costruito e delle addizioni che possono essere realizzate su quest'ultimo, andando a valutare le ricadute che questo tipo di azione costruttiva può avere sull'aspetto tecnologico, energetico ed economico dell'edificio nel suo complesso.

Il campo al quale si rivolge lo studio riguarda l'edificio destinato ad un uso residenziale e nello specifico gli alloggi costituenti il patrimonio dell'ACER, che sebbene possa essere considerata un'edilizia di importanza minore, ben rappresenta il volto delle odierne città e delle sue periferie.

Il progetto sull'esistente punta al rinnovamento del patrimonio edilizio, proponendo un'ipotesi di intervento al fine di adeguarlo alle mutate esigenze energetiche, economiche, degli utenti e alle modificazioni del contesto.

Partendo quindi da un caso di studio, collocato nella prima periferia del Comune di Bologna, si propone relativamente a questo un'ipotesi progettuale di intervento al fine di migliorarne le prestazioni energetiche ed inoltre un'ipotesi di addizione a quest'ultimo, al fine di generare un surplus economico in grado di ridurre i tempi di ammortamento dei costi per la riqualificazione sul costruito, e proponendo in tal merito alcune soluzioni progettuali. Verranno effettuate diverse analisi, con lo scopo di valutare la convenienza economica di tali operazioni, l'incidenza di tali interventi sui tempi di rientro dei costi sostenuti per la realizzazione delle opere e le ricadute degli interventi proposti sul miglioramento energetico, tecnologico e architettonico dell'edificio.



## Introduzione

Effettuando un'analisi della condizione attuale del parco edilizio che costituisce le nostre città e periferie, ciò che si può rilevare è che questo, allo stato attuale, risulta in condizioni di grave degrado tecnologico, energetico, sociale ed architettonico.

Diviene pertanto necessario intervenire su questa ampia porzione di città.

A tal fine possono essere attuati due metodi di intervento: la trasformazione dell'esistente attraverso la completa sostituzione dei manufatti edilizi, oppure la riqualificazione dell'esistente con opere mirate.

Questo secondo modello di intervento ha il pregio di riconoscere il valore culturale del tessuto edilizio esistente, puntando a criteri di sviluppo sostenibile, e guardando ai manufatti esistenti riconoscendone il potenziale economico ed architettonico.

Allo stato attuale pertanto la disciplina punta a questo secondo metodo di intervento ricercando soluzioni in grado di modificare le prestazioni dell'edificio fino a renderle soddisfacenti in rapporto alle nuove esigenze ambientali, economiche, del vivere contemporaneo dell'individuo e della collettività nel suo complesso.

Tra le opere che possono essere attuate al fine di riqualificare queste preziose aree, oltre a quelle di riqualificazione che mirano al miglioramento del comportamento energetico e della qualità architettonica dell'edificio esistente, si considera anche l'intervento per addizione, che permette la densificazione dei tessuti esistenti attraverso l'aumento del numero di alloggi sociali e l'implementazione dei servizi.

In questo modo si va ad implementare e completare la gamma di prestazioni di un manufatto edilizio che non è più in grado di soddisfare tutte quelle esigenze del vivere contemporaneo.

Il risultato finale è quindi un sistema edilizio che, grazie all'intervento, può vantare una valorizzazione complessiva del patrimonio immobiliare, grazie agli elevati livelli di prestazione energetica, alle condizioni di vivibilità eccellenti raggiunte e alla migliorata qualità architettonica.





## **1. La riqualificazione energetica ed architettonica**

Ogni volta che un edificio non risponde più alle esigenze dell'utenza si apre il dibattito tra due possibili scelte: "demolire e ricostruire" o "recuperare e trasformare".

Mentre il primo modello persegue la trasformazione dell'esistente attraverso la completa sostituzione dei manufatti edilizi, l'altro, riconoscendo il valore culturale del tessuto edilizio esistente e la necessità di incrementare criteri di sviluppo sostenibile, guarda ai manufatti esistenti come risorse da valorizzare e non come rifiuti da smaltire.

La ricerca e la sperimentazione dovrebbe tendere alla promozione di questo secondo modello d'intervento nell'ottica di proporre metodi e strumenti per verificare soluzioni che possano rendere sempre più vantaggiosa la scelta del recupero.

Nella maggior parte dei Paesi europei, il modello di riferimento per l'intervento sull'esistente segue logiche di trasformazione in grado di fornire da un lato al tessuto edilizio consolidato un valore culturale e dall'altro affrontano il problema dello sviluppo in relazione alla sostenibilità ambientale.

In questo scenario l'addizione è una strategia d'intervento che ha tutte le potenzialità per trasformare in modo radicale grandi edifici e per apportare soluzioni efficaci in termini funzionali (spazi interni), prestazionali e per l'immagine stessa dell'edificio.

Data l'ampia presenza di edilizia abitativa plurifamiliare nelle nostre periferie, questa possibilità di intervento si dimostra un'importante opportunità per queste aree.

Allo stato attuale la maggior parte dell'edilizia che compone le periferie risulta in condizioni di grave degrado tecnologico ed energetico, sociale ed architettonico, a causa delle scarse tecniche costruttive, spesso costruita nell'arco di svariati anni, in situazioni speculative, senza regole e con materiali scadenti.

Gli interventi, che nella maggior parte dei casi sono stati effettuati sul parco edilizio esistente, si sono limitati alle sole opere di manutenzione per il rifacimento delle finiture di facciata e l'adeguamento impiantistico.

Riqualificare significa invece modificare le prestazioni dell'edificio fino a renderle soddisfacenti in rapporto alle nuove esigenze del vivere contemporaneo dell'individuo e della collettività nel suo complesso.

Emerge quindi la necessità di fornire una risposta in grado di interpretare i nuovi profili

d'utenza (single, giovani coppie, anziani, extra-comunitari) che sono ben lontani dagli standard dei nuclei familiari che definirono le tipologie abitative degli anni '60-'70.

Tra gli interventi di riqualificazione quelli che interessano i grandi complessi residenziali sono senza dubbio tra i più complessi in quanto a differenza di altri casi devono considerare la presenza degli abitanti, e di conseguenza la necessità di dover superare tutte le difficoltà tecniche e logistiche con maggiori sforzi di innovazione sui processi costruttivi e sulle misure di sicurezza del cantiere.

Con i processi di riqualificazione attraverso l'uso di addizioni non solo è possibile programmare l'intervento interamente dall'esterno, evitando così il trasferimento degli abitanti, ma è anche possibile modificare in modo sensibile l'immagine dell'edificio per restituire in termini di qualità architettonica benefici all'intera collettività. Qualità architettonica e benefici sociali sono le chiavi di lettura per il rilancio e il rinnovamento della qualità dell'abitare e dell'idea stessa di periferia.

Negli ultimi anni interi quartieri 'moderni' europei di edilizia residenziale pubblica ad elevata densità abitativa, realizzati negli anni Sessanta e Settanta, sono stati oggetto di interventi di rinnovo e rigenerazione. Alcuni interventi, che hanno interessato differenti livelli di trasformazione degli edifici e degli spazi e definito diversi approcci progettuali riconoscibili per la qualità architettonica complessiva raggiunta, possono essere riconducibili a delle vere e proprie *best practices* europee in grado di rispondere ai parametri di sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Questi atteggiamenti progettuali reinterpretano gli interventi di riqualificazione e non si limitano ad adeguamenti 'tecnici' dei manufatti edilizi, ma considerano le conseguenti implicazioni urbane, sociali, economiche. Si agisce così sulla valorizzazione complessiva del patrimonio immobiliare, attraverso vari livelli di intervento:

- migliorando l'identità architettonica degli edifici agendo sulla qualità d'uso degli spazi pubblici e privati, inserendo nuove aree comuni e servizi per il quartiere;
- ottimizzando il comportamento energetico dell'edificio esistente, con nuovi involucri architettonici e interventi di efficientamento della produzione e dei consumi energetici;
- aumentando il numero di alloggi sociali con la modifica delle tipologie e la densificazione dei tessuti esistenti;
- intervenendo sulle nuove esigenze abitative, attraverso trasformazioni della distribuzione interna degli alloggi e aggiungendo nuove logge, balconi e giardini d'inverno;

Queste proposte ‘anti-*tabula rasa*’ applicano strategie di intervento che operano sull’addizione o integrazione di nuovi volumi anziché sulla demolizione; adottano principi tesi ad un’economia dei mezzi impiegando materiali *low-cost* e sistemi e componenti industrializzati; utilizzano soluzioni costruttive standardizzate, compatibili con le strutture esistenti, che consentono la permanenza degli abitanti negli edifici per l’intera durata dei lavori; impiegano sistemi tecnologici passivi; prevedono ambiti funzionali flessibili a destinazione libera, multipla e imprecisa che si possano facilmente adattare nel tempo ai differenti stili di vita degli abitanti.

Attraverso un lavoro sulla qualità dell’architettura, questi progetti hanno il pregio di determinare quelle condizioni di migliore ‘inclusione’ e integrazione sociale proprie delle misure di intervento stabilite dalle condivise strategie politiche europee. Adottando il principio di riconoscibilità, vengono riqualificati/rigenerati/riutilizzati edifici e quartieri pubblici periferici caratterizzati da monotonia, serialità, omologazione dell’edilizia e degli spazi. Questi fattori, dovuti a scelte politiche e modalità costruttive standardizzate proprie di uno specifico periodo dell’industria delle costruzioni, sono collettivamente – da cittadini e opinione pubblica – riconosciuti come disvalori ed elementi di per sé privi di qualità. D’altro canto si tratta di quartieri pianificati e dotati di un disegno urbano riconoscibile, di una proprietà o gestione pubblica, quindi oggetto di interventi preferenziali di rigenerazione, capaci di definire miglioramenti e rinnovi dell’identità e della riconoscibilità edilizia e urbana.

Analizzando la soluzione dell’addizione, come strategia per il recupero dell’esistente, si possono evidenziare due aspetti molto interessanti:

- le opere più importanti interessano l’involucro esterno dell’edificio e quindi, utilizzando semplici accorgimenti di sicurezza, può avvenire anche con la presenza degli utenti riducendo al minimo il loro disagio durante la fase del cantiere;
- il ripristino delle insufficienze prestazionali e funzionali avviene, per addizioni di strati o volumi, con soluzioni tecnologiche leggere che tengono conto delle parti strutturali dell’edificio esistente;

In merito alle addizioni possono essere individuate due modalità di intervento prevalenti.

La prima prevede ‘azioni leggere’ che interessano la riqualificazione architettonica e ambientale delle parti comuni (ingressi, terrazze e spazi aperti), l’aggiunta di piccoli volumi in copertura e l’inserimento di un nuovo involucro architettonico per migliorare l’efficienza energetica dell’edificio esistente (*retrofit*). La tipologia degli appartamenti

rimane pressoché inalterata, ad eccezione di minime modifiche delle tramezzature per rendere più efficiente l'organizzazione funzionale. Si interviene prevalentemente sull'ottimizzazione dell'illuminazione e della ventilazione naturale degli alloggi mediante l'incremento e la riconfigurazione delle aperture e l'inserimento di camini di ventilazione naturali che sfruttano il passaggio di cavedi preesistenti.

La seconda modalità viene attuata attraverso 'azioni di media entità' che prevedono un nuovo involucro energeticamente sostenibile, l'aggiunta di logge, balconi, serre bioclimatiche, spazi funzionali al piano terra e nuovi volumi esterni in copertura e/o in aderenza al fabbricato esistente. La costruzione di nuovi corpi scala e ascensori all'esterno dell'edificio consente di riutilizzare i vani di collegamento verticale e di distribuzione degli alloggi per realizzare chiostrine di illuminazione e ventilazione interna. L'impianto tipologico originario ed i relativi spazi comuni vengono trasformati mediante una nuova distribuzione interna.

Queste due 'famiglie' di interventi consentono agli abitanti dei fabbricati di rimanere nei loro appartamenti, con l'obiettivo di ridurre il disagio sociale di trasferimenti temporanei; per fare ciò gli interventi implicano tecnologie costruttive leggere e modalità organizzative e realizzative innovative di cantiere.

A sua volta l'addizione del manufatto edilizio si può differenziare in base al livello di autonomia tecnologica che può garantire. Infatti, la parte aggiunta può essere compiuta, cioè completa di tutte quelle funzioni e parti che la definiscono come organismo edilizio a tutti gli effetti; oppure, per garantire la sua funzionalità, necessita di un altro organismo edilizio e viene quindi definita "parassita".

Nell'ambito della riqualificazione la carica innovativa di questa modalità di intervento sta anche nel ruolo che investe che non si limita alla sola implementazione funzionale ma piuttosto alla possibilità di proporre un'idea estetica, sociale e culturale per ristabilire la qualità di un rapporto in chiave contemporanea con il contesto e le parti sociali della realtà urbana su cui si interviene.

In termini di sostenibilità le addizioni e "l'architettura parassita" centrano l'obiettivo principale di riqualificare gli edifici con il minor dispendio di nuove risorse e valorizzando al massimo quelle presenti nell'edificio preesistente.

L'intervento per addizione si presta quindi alla logica di un processo di riqualificazione che ricerca una "rinnovata" qualità attraverso l'implementazione e il completamento della gamma di prestazioni di un manufatto edilizio che non è più in grado di soddisfare l'apparato esigenziale del vivere contemporaneo.

## **1.1 Il tema energetico**

In seguito alla grande crisi energetica degli anni '70, è avvenuta la presa di coscienza del fatto che il concetto di sviluppo classico, legato esclusivamente alla crescita economica, avrebbe causato entro breve il collasso dei sistemi naturali. Lo sviluppo, che mira a soddisfare le necessità, le esigenze ed i bisogni della popolazione, che di volta in volta si presentano, spesso infatti rischia di interferire e aggredire l'ambiente, a causa delle crescenti richieste di impiego sia di materie prime (spesso non rinnovabili) sia di energia (anch'essa spesso prodotta con materie prime non rinnovabili come ad esempio i carburanti fossili) sia di terreno per le nuove costruzioni e per il suo diretto sfruttamento.

Pertanto negli anni si è dimostrata l'esigenza di perseguire il continuo miglioramento delle condizioni economiche, sociali e della qualità di vita della popolazione, cercando di farle coincidere con quelle ambientali, dando così vita al concetto di sviluppo sostenibile.

La parola "sviluppo" non equivale, quindi, a "crescita", ma indica il miglioramento della capacità della comunità nel soddisfare le esigenze umane (materiali e non); "sostenibile" significa che si può mantenere nel tempo, cioè che viene attuato in modo da garantire alle generazioni future le nostre stesse possibilità di soddisfare i loro bisogni. La conservazione dell'ambiente è un tema centrale della sostenibilità, infatti per garantire che le risorse naturali restino disponibili in qualità e quantità adeguate, il loro sfruttamento non può essere indiscriminato e non deve alterare la capacità degli ecosistemi di rigenerare le risorse.

Pertanto uno degli scopi principali che i progettisti si trovano a dover affrontare al giorno d'oggi, è innanzi tutto quello di realizzare nuovi edifici che garantiscano l'impiego di prodotti edilizi realizzati con materie prime che durante tutto il ciclo della loro vita (dall'estrazione, alla produzione, alla posa in cantiere, all'utilizzo durante tutta la vita utile dell'edificio fino alla demolizione e allo smaltimento) riducano al minimo il consumo di risorse naturali ed energia, ma non solo, anche l'impiego di tecniche costruttive innovative e sempre moderni prodotti nel campo edilizio, tali da ridurre al minimo il dispendio di energie e l'inquinamento ambientale.

Nonostante però l'impegno dei progettisti a realizzare i nuovi involucri con le tecniche più d'avanguardia, rimane il problema del tessuto edilizio già realizzato.

Osservando il parco edilizio nazionale infatti, allo stato attuale, si riscontra che la maggior parte degli edifici è stata realizzata attorno agli anni '60 - '80 e nella maggior parte dei casi, nel tempo, non è mai stata sottoposta ad interventi di riqualificazione energetica ed architettonica.

Conseguenza di questo fatto è che nel complesso la maggior parte dell'edificato è costituito da edifici per il 78% costruiti antecedentemente la prima legge sull'efficienza energetica in edilizia, la Legge 373/ 77 che cercava di porre dei limiti alla dispersione termica degli involucri, e se si considera la più recente Legge 10/91 la percentuale sale all'89%, quindi la maggior parte di questi purtroppo presenta come caratteristica principale alti livelli di dispersioni energetiche, a causa delle tecniche costruttive e dei materiali da costruzione tipici del periodo di realizzazione, che generano alti consumi, con il conseguente effetto di spreco di energia ed aumento dell'inquinamento ambientale (necessario per la produzione di riscaldamento e raffrescamento degli alloggi).

Considerate quindi le problematiche summenzionate si può percepire quale sia la situazione dell'efficienza energetica degli immobili in Italia.

Si tenga in considerazione inoltre che la Legge 10/'91 prevedeva dei limiti sull'involucro, definiti nel 1986, che portavano ad avere trasmittanze molto distanti dai limiti attuali del DLgs 192/2005 e s.m.

Analizzando nel dettaglio la situazione si rileva che il patrimonio edilizio nazionale è prevalentemente costituito di case: 57,8 milioni di unità immobiliari censite di cui il 53 % sono abitazioni. Delle case degli Italiani il 55% ha più di 40 anni, il 25% non è mai stato riqualificato (il 20% risulta in pessimo o mediocre stato di conservazione) e quasi la totalità consuma il 40% dell'energia consumata in Italia, di cui il 48% per il solo riscaldamento (il numero di case passive, o a energia zero, è praticamente irrisorio).

In Europa, il 40% dei 930 MTEP (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) di energia consumata viene utilizzato nel settore residenziale e terziario. Nel nostro Paese, dei circa 150 MTEP di energia finale che l'Italia consuma annualmente, gli usi civili sono responsabili di oltre il 30%; il 21% dei consumi energetici totali riguarda il solo settore residenziale.

Circa l'80% dei consumi energetici nel settore residenziale è dovuto ad usi termici: il 70% attiene al riscaldamento degli ambienti, mentre il 10% attiene al riscaldamento dell'acqua sanitaria.

D'altra parte, il settore civile è responsabile in Italia di circa il 28% delle corrispondenti emissioni di CO<sub>2</sub> (dati Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile). Quindi, l'impatto del settore residenziale sull'ambiente è effettivamente significativo e molto deve essere fatto per assicurarne la compatibilità ambientale. Risulta quindi indispensabile intervenire anche su questi edifici attraverso la riqualificazione energetica al fine di ridurre sia l'inquinamento, sia il consumo di nuovo suolo.

Riqualificare anche solo una minima parte dei 10 milioni di edifici costruiti prima del 1991 sarebbe già un grosso successo: per l'ambiente, per la qualità della vita, per la sicurezza e non ultimo per l'economia sia del singolo utente che del paese che potrebbe svincolarsi più facilmente dai Paesi fornitori di energia.

La convenienza ad attuare politiche di riqualificazione energetica, è riscontrabile innanzi tutto nel fatto che alcuni interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche permettono un risparmio immediato sulle spese di gestione in quanto limitano gli sprechi, ed altri, come ad esempio la predisposizione di pannelli fotovoltaici, non solo permettono un risparmio grazie all'autoproduzione dell'energia necessaria al fabbisogno degli edifici, ma anche un possibile ulteriore guadagno grazie all'eventuale vendita dell'energia prodotta in eccesso.

Il bisogno di una progettazione che miri alla tutela del territorio, secondo quanto imposto dalle normative europee, nazionali e regionali, che permettano di realizzare edifici con livelli di prestazioni energetiche eccellenti e che quindi generino impatti sull'ambiente sempre più bassi (sia in termini di produzione di inquinanti sia di dispendio energetico), ha indirizzato la progettazione dei nuovi corpi di fabbrica verso l'utilizzo di materiali da costruzione con standard elevati.

Gli edifici a bassissimo consumo energetico, ovvero gli edifici a Energia quasi Zero, come li conosciamo oggi, vennero ipotizzati per la prima volta in seguito alla crisi energetica degli anni Settanta, ma solo di recente sono state sviluppate e promosse delle azioni concrete orientate verso questo difficile obiettivo.

Ufficialmente il termine nZEB (Nearly Zero Energy Building) compare per la prima volta all'interno di un pacchetto di Direttive Europee definite dall'acronimo EPBD (Energy Performance Building Directions) nel 2010, che prosegue la strategia dell'Europa 2020 in tema di sviluppo sostenibile, invitando gli stati membri a introdurre normative sulla prestazione energetica degli edifici.

Con tale locuzione si intendono gli edifici ad altissima prestazione energetica che minimizzano i consumi legati al riscaldamento, raffrescamento, ventilazione,



illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria, utilizzando energia da fonti rinnovabili, elementi passivi di riscaldamento e raffrescamento, sistemi di ombreggiamento e garantendo un'adeguata qualità dell'aria interna e un'adeguata illuminazione naturale in accordo con le caratteristiche architettoniche dell'edificio.

La realizzazione di edifici a consumo energetico quasi nullo, capaci di realizzare un bilancio fra energia consumata ed energia prodotta prossimo allo zero, è un obiettivo sancito dall'Unione Europea con una direttiva del 2010.

Inoltre la riqualificazione energetica del costruito potrebbe rappresentare una preziosa opportunità di rilancio dell'edilizia e di tutto il settore indotto, ormai profondamente colpiti dalla crisi economica degli ultimi anni.

Più difficile risulta la promozione di tali interventi nell'ambito degli edifici plurifamiliari, che rappresentano una grossa fetta del patrimonio edilizio italiano esistente. Gli ostacoli non sono tanto di carattere tecnico, ma derivano piuttosto dalla difficoltà di raggiungere decisioni condivise fra tutti i proprietari, finalizzate alla messa in atto di interventi che vadano a riqualificare l'intero edificio, dalla scarsità di investimenti e dai lunghi tempi di rientro degli investimenti.

### ***1.1.1 Inquadramento legislativo e prescrizioni***

In merito all'argomento della riqualificazione energetica l'iter legislativo risulta assai intricato e allo stato attuale sono presenti un numero elevato di normative di riferimento: regolamenti europei, nazionali e locali.

Si tenga in considerazione inoltre che localmente Comuni e Province possono prevedere delle prescrizioni più limitative e che le Regioni possono legiferare in maniera autonoma in merito al settore energetico, infatti alcune regioni hanno una regolamentazione specifica, tipo Lombardia, Emilia Romagna, Piemonte, Liguria e altre con percorsi a volte diversi e indicazioni anche più ampie sulla sostenibilità ambientale e non solo energetica.

A tale proposito si osservi lo schema sottostante rappresentante l'Iter legislativo che partendo dalla Direttiva Europea 91/2002 si è poi sviluppato in vari documenti nazionali.

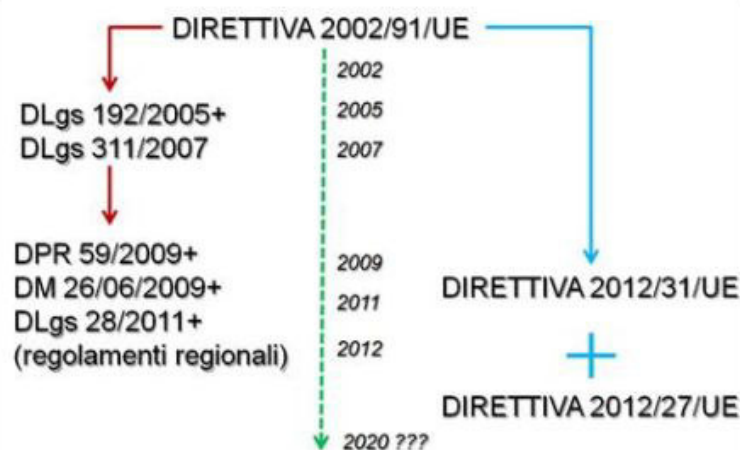


Figura 1.1 Iter legislativo dalla direttiva Europea ai documenti nazionali

La pubblicazione della Direttiva Europea 31/2012 obbliga l'Italia ad una revisione della legislazione attuale ed il DLgs 192 andrà presumibilmente in pensione a fine anno per lasciare il posto ad un nuovo documento legislativo che delinea il futuro dell'efficienza energetica degli edifici nel nostro Paese.

Attualmente in Italia a livello nazionale, il DLgs 192/2005 (s.m.) e suo decreto attuativo DPR 59/2009, per gli edifici esistenti soggetti ad intervento prevede:

- per interventi di ristrutturazioni integrali degli elementi d'involucro e demolizioni e ricostruzioni in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile >1000 m<sup>2</sup> (*Art.3 comma 2, a, punti 1 e 2*)
  - per ristrutturazioni totali o parziali e manutenzioni straordinarie dell'involucro per tutti i casi diversi dai due sopra descritti (*Art.3 comma 2, c, punto 1*)
- che le strutture su cui si è intervenuto rispettino determinate prescrizioni limite e requisiti.

La Pubblica amministrazione ha l'obbligo di rispettare dei limiti del 10% più severi rispetto a quelli riportati nella figura 1.2.

La Direttiva 2012/27/CE impone inoltre agli Stati membri la riqualificazione annua dal 2014, del 3% della superficie utile degli edifici delle Amministrazioni Pubbliche centrali e questo dovrà essere recepito a livello nazionale, si spera con l'allargamento a tutti gli edifici di proprietà pubblica.

I requisiti riguardano sostanzialmente l'efficienza energetica invernale, l'efficienza energetica estiva, i problemi termo igrometrici legati al comfort e alla salubrità ambientale.

Si premette che fin dall'uscita del DLgs 192 si è posto il problema delle definizioni legati agli obblighi di verifica o adeguamento. La manutenzione straordinaria ad esempio è molto vincolata alle definizioni locali per cui in alcuni Comuni il rifacimento dei serramenti è considerato manutenzione straordinaria e quindi presuppone l'installazione di componenti più performanti e che rispettino i limiti, in altri comuni questo non è richiesto perché l'intervento rientra nella manutenzione ordinaria. Anche il rifacimento dell'intonaco nelle facciate o il manto di copertura sono stati oggetto di diverse contestazioni, per cui alcuni Comuni o Regioni hanno identificato gli interventi per cui risulta obbligatorio il rispetto del DLgs 192 o regolamentazione regionale specifica.

A livello nazionale è stato parzialmente chiarito con la Circolare del Ministero dello Sviluppo economico del 26 maggio 2006 che: *"(..) Si stabilisce il principio che, quando si decide di intervenire su un edificio con opere che, a titolo esemplificativo e non esaustivo, riguardano la sostituzione anche parziale dei serramenti, il rifacimento di pareti esterne, del tetto o dell'impermeabilizzazione della copertura, si deve porre attenzione anche al risparmio energetico che con l'occasione si può conseguire e quindi eseguire i lavori nel rispetto degli specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni poste dal decreto legislativo"*.

Per quanto riguarda l'efficienza energetica invernale, i limiti sulla trasmittanza  $U$  in ( $W/m^2K$ ) dei componenti opachi o finestrati sono definiti nelle tabelle dell'allegato C del DLgs 311/2007 e riportati nello schema di Figura 1. 2 di seguito in funzione della tipologia strutturale.

I valori di  $U$  devono essere rispettati "a ponte termico corretto", o in alternativa dalla trasmittanza termica media della "parete corrente più ponte termico". Nel caso di pareti opache verticali esterne in cui fossero previste aree limitate oggetto di riduzione di spessore, sottofinestre e altri componenti, il limite è rispettato con riferimento alla superficie totale di calcolo. Nel caso di strutture orizzontali sul suolo i valori di  $U$  da confrontare col limite sono calcolati con riferimento al sistema struttura-terreno. Restano esclusi gli ingressi pedonali automatizzati, da considerare solo ai fini dei ricambi d'aria.

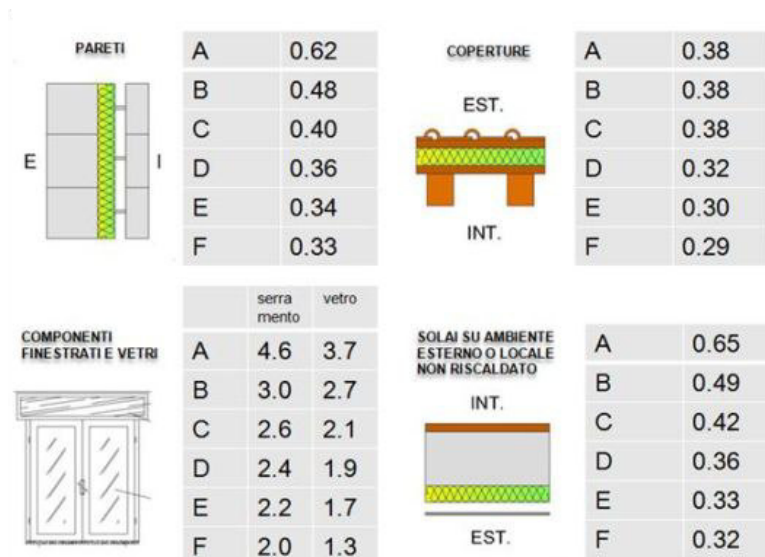


Figura 1.2: Limiti di trasmittanza invernale dei componenti opachi

Il problema dell'efficienza energetica non si limita alle dispersioni di calore e quindi ai consumi invernali ma, soprattutto in un paese mediterraneo come il nostro, deve tenere conto delle criticità legate al surriscaldamento estivo. Sempre di più si ricorre agli impianti condizionamento con dei picchi di consumi energetici nel periodo caldo che superano quelli del periodo freddo, quando si agisce su un edificio bisogna quindi prevedere di migliorarne le prestazioni anche da questo punto di vista.

Al l'art. 4 comma 18 del DPR 59/2009 vengono descritti i requisiti minimi delle strutture sottoposte a modifica, per cui (ad esclusione della zona F) per le località in cui il valore medio mensile dell'irradiazione sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione  $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$  è obbligatoria la verifica nello schema 3 della Figura 1.3 di seguito.

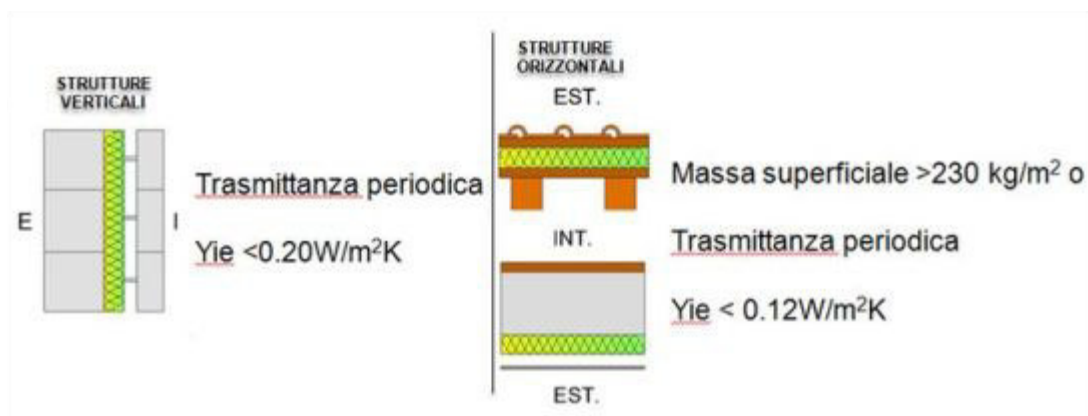


Figura 1.3: Limiti di trasmittanza estiva dei componenti opachi

Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o trasmittanza termica periodica delle pareti opache, possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero coperture a verde, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'irraggiamento solare. In tale caso deve essere prodotta una adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza con le predette disposizioni.

Ulteriore requisito obbligatorio in caso di rifacimento di strutture opache è la verifica del rischio di condensa superficiale e interstiziale. Muffe e condense si sviluppano per due motivi fondamentali: basse temperature superficiali delle strutture e concentrazioni di umidità particolarmente gravose. Il mix dei due componenti può determinare problematiche termo igrometriche non indifferenti che non sono solo fastidiose a livello estetico ma soprattutto possono avere delle ricadute sulla salubrità dell'ambiente e sulla salute dei suoi occupanti. Spesso capita che, mettendo serramenti più prestazionali per evitare le dispersioni di calore, in mancanza di una ventilazione naturale idonea e con una conduzione del riscaldamento che tende a ridurre le temperature al minimo, si induce la formazione di muffe e condense sulle superfici delle strutture (condensa superficiale) e di condensa all'interno degli strati delle strutture (condensa interstiziale). Questo fenomeno ovviamente non è generale ma si verifica laddove ho le condizioni sopra riportate di umidità relativa gravosa e temperature superficiali particolarmente basse. E' fondamentale sottolineare questo punto proprio perché le verifiche che per legge dobbiamo eseguire considerano condizioni standard che non sempre sono quelle effettivamente riscontrate nel locale oggetto dell'intervento. Quindi malgrado le condizioni di legge in caso di problematiche termo igrometriche si consiglia sempre di effettuare ulteriori verifiche in condizioni interne variabili che tengano conto anche della reale conduzione dell'utente (temperature e umidità relativa interna mantenute durante il periodo di verifica). Sotto questo aspetto nei casi di rischio è auspicabile suggerire una ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore.

L'art. 4 comma 17 del DPR 59/2009 richiede che sia dimostrata l'assenza di condensa superficiale e che le condensazioni interstiziali delle pareti opache siano limitate alla quantità evaporabile secondo la normativa vigente (UNI EN 13788).

Qualora non esista un sistema di controllo della umidità relativa interna, per i calcoli necessari si assumono i valori:  $UR=65\%$  e  $T_{interna}=20^{\circ}C$ .

## **1.2 La Riqualificazione energetica ed architettonica nel caso di studio**

Date quindi le premesse precedentemente illustrate, nello studio condotto all'interno di questa tesi è stato sviluppato un progetto di intervento sul contesto edilizio esistente, concentrando l'analisi e la progettazione su un complesso di edifici a torre, situato nella prima periferia di Bologna e facenti parte del patrimonio edilizio ACER.

La scelta di intervenire su questo complesso piuttosto che su altri edifici facenti parte del patrimonio esistente, è innanzi tutto legata al fatto che, allo stato attuale, sono pochi i casi di studio e gli esempi sul territorio di interventi realizzati su edifici a torre come quelli oggetto di studio.

Inoltre anche le caratteristiche fisiche degli edifici e del loro contesto si sono dimostrate favorevoli alla predisposizione di un intervento, come quello condotto all'interno di questa tesi, grazie alla conformazione strutturale che ha consentito idonei interventi di addizione.

Data poi la diversità dell'edificio rispetto a quelli facenti parte del contesto limitrofo ed in generale della periferia bolognese, che nella maggioranza dei casi presentano una tipologia edilizia in linea o a corte, esso può rappresentare un punto focale, attrattivo e di riferimento per il panorama cittadino, con la speranza che possa fare da innesco ad interventi di riqualificazione anche sugli edifici limitrofi.

Infine la scelta di effettuare uno studio di riqualificazione energetica ed architettonica applicato ad edifici a torre, ha lo scopo di fornire una nuova proposta di soluzione di intervento relativamente a queste particolari tipologie edilizie, e di generare un nuovo spunto di riflessione e riferimento per ulteriori studi e progetti.

Allo stato attuale inoltre l'edificio si presenta in condizioni tali da necessitare di un intervento di riqualificazione energetica ed architettonica a causa degli scarsi livelli prestazionali energetici ed alle scarse condizioni di benessere abitativo e vivibilità che si riscontrano nell'edificio allo stato attuale.

Questo intervento prevede due principali metodi di intervento: l'esecuzione di opere di riqualificazione energetica ed architettonica degli edifici esistenti e la realizzazione di volumetrie aggiuntive.

Per quanto riguarda il primo intervento, le opere previste consistono nel miglioramento dell'involucro edilizio, e sono volte pertanto ad ottenere un miglioramento sia dal punto di vista energetico, sia dal punto di vista architettonico del manufatto esistente.

Per quanto riguarda invece le opere di addizione, queste consistono azioni di media entità che prevedono un nuovo involucro energeticamente sostenibile, l'aggiunta di logge, balconi, serre bioclimatiche, spazi funzionali al piano terra e nuovi volumi esterni in copertura e/o in aderenza al fabbricato, con lo scopo di densificare il tessuto edilizio, migliorare l'identità architettonica, adattare l'esistente alle nuove esigenze abitative ed inoltre, grazie alla vendita di questi nuove superfici, di garantire entro tempi brevi l'ammortamento delle pesi anticipate per effettuare la riqualificazione dell'esistente.

La realizzazione delle addizioni infatti, permette tramite la vendita delle stesse, non solo il recupero del denaro investito per la costruzione dell'ampliamento stesso, ma anche l'acquisizione del denaro necessario per ripagare l'ammodernamento dal punto di vista sia energetico sia architettonico dell'edificio esistente, riducendo notevolmente i tempi di ammortamento delle spese iniziali.

Nel complesso inoltre, grazie agli interventi sopra menzionati, è possibile ottenere un sensibile incremento del valore immobiliare, di cui possono beneficiare direttamente i proprietari degli immobili oggetto di intervento.

## **2. Analisi preliminari sullo stato di fatto**

Al fine di svolgere un corretto progetto di intervento sull'esistente è necessario realizzare a monte un'analisi completa e dettagliata sia dell'edificio oggetto di studio, sia del suo contesto, al fine di determinare le peculiarità, le possibilità e le limitazioni che riguardano l'edificio di intervento ed il suo contesto.

L'ambito di analisi deve tenere in considerazione più aspetti possibili, al fine di ottenere un quadro chiaro e completo della situazione.

A tal scopo è stato quindi svolto innanzi tutto uno studio del progetto originale, andando ad analizzare anche la situazione storica, economica, culturale, sociale ed edilizia che hanno caratterizzato il periodo di costruzione del complesso, oltre alla semplice analisi del progetto architettonico, al fine di comprendere realmente le motivazioni alla base delle scelte progettuali e costruttive attuate.

Successivamente è stata svolta un'analisi del contesto attuale, al fine di cogliere le opportunità da sfruttare e valorizzare e le limitazioni ed ostacoli che necessitano di essere superati attraverso interventi migliorativi.

In seguito l'analisi ha riguardato nel dettaglio la distribuzione architettonica degli spazi all'interno dell'edificio e l'organizzazione costruttiva degli elementi di chiusura (muri esterni, tramezzi, solai..), al fine di poter svolgere le corrette operazioni di progettazione degli interventi di riqualificazione sull'esistente e di addizione dei nuovi volumi.

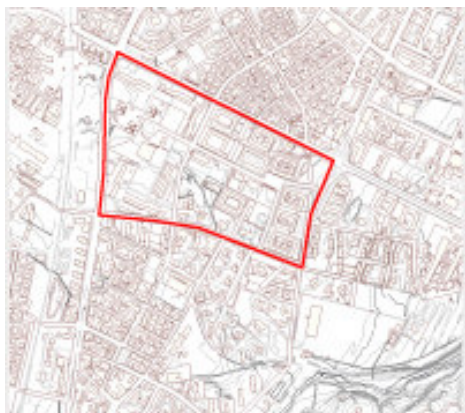
Infine è stata svolta l'analisi energetica per valutare l'indice di prestazione energetica dell'edificio allo stato attuale e stabilire i possibili interventi migliorativi.

### **2.1 Il progetto originale del quartiere Cavedone**

Il piano originale per l'intervento del Cavedone venne sviluppato nel secondo settennio del periodo INA-Casa dal gruppo di progettazione composto da: Gorio F. (capogruppo), Benevolo L., Carini M., Calzolari V., Danielli S., Durante A., Esposito A., Vittorini M. Il quartiere era previsto nel Piano Regionale Paesistico (P.R.P.).



L'area originaria del complesso si estendeva tra la linea ferroviaria della Direttissima Bologna-Firenze, via Ortolani, via Cavedone e via della Battaglia, come si può osservare nelle Figure 2.1 e 2.2.



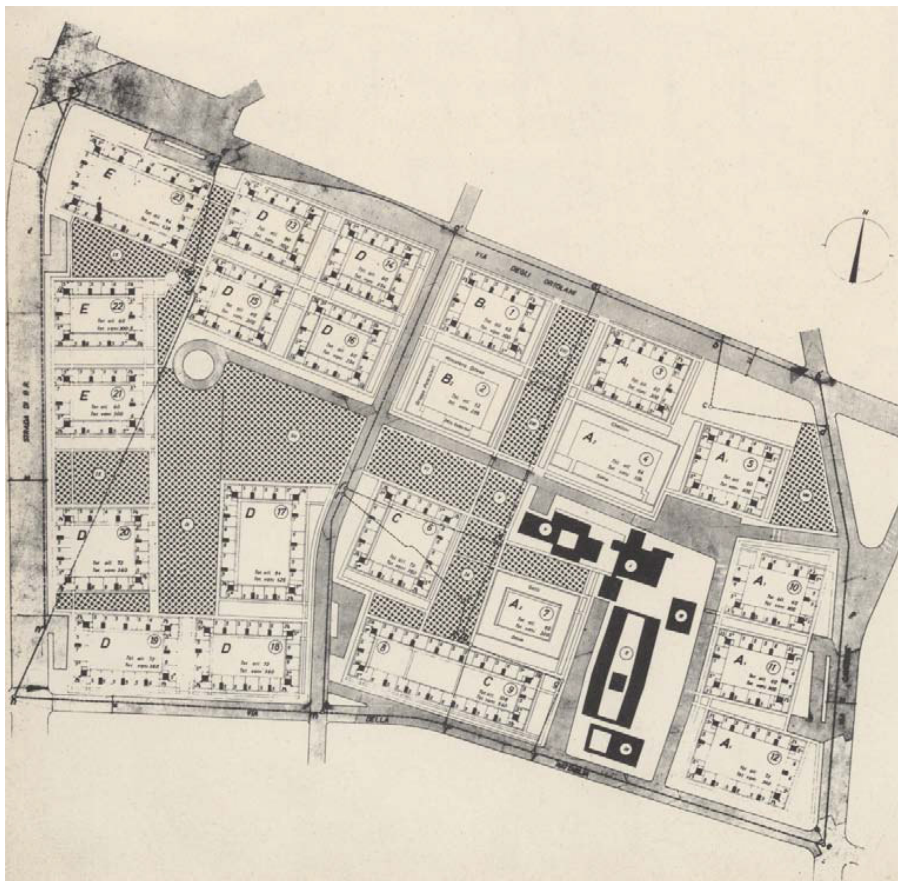
*Figura 2.1: Inquadrimento dal PRG di Bologna*



*Figura 2.2: Vista zenitale da Google Earth*

Il primo piano di zona, redatto dallo stesso gruppo di progettisti per conto del Comune di Bologna ed attuato solo parzialmente, si spingeva fino al torrente Savena e regolava l'espansione urbana organizzandola in unità funzionali di 7500 abitanti.

Il progetto planivolumetrico originario prevedeva diciotto edifici a corte collegati da percorsi ortogonali e distanziati da zone verdi; nella zona centrale del complesso erano previsti i servizi: parco, scuole, centro sociale, chiesa, opere parrocchiali, negozi e mercato (Figura 2.3).



*Figura 2.3: Piano originale per l'intervento INA-Casa del Cavedone.*

Il progetto prevedeva la realizzazione di un quartiere residenziale costituito da fabbricati a corte “attrezzata”, in cui lo spazio interno alla corte era fruibile dagli abitanti degli edifici che la racchiudevano e opportunamente suddiviso in funzione delle attività che vi si potevano svolgere.

Erano inoltre previste delle attività al servizio della residenza, in particolare una scuola elementare, una scuola materna, un centro sociale, una chiesa, un edificio commerciale e un mercato, raggruppati nella parte orientale del quartiere.

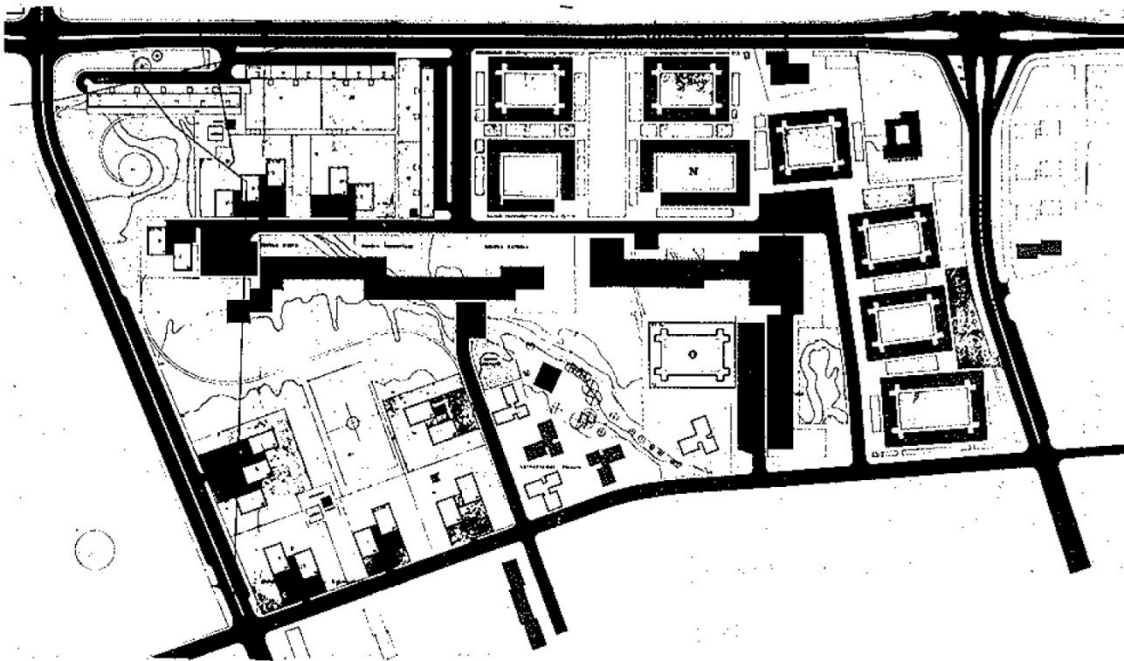
Nel progetto si erano studiati edifici a corte lungo i fronti stradali in modo da creare un prospetto edificato continuo e un sistema di spazi aperti privati, ad uso dei residenti, all'interno delle corti. Tali fabbricati racchiudevano un ampio spazio a verde pubblico, il tutto a formare un apparato continuo e omogeneo in cui i servizi risultavano concentrati come punto di aggregazione.

Al progetto, sottoposto all'esame della Consulta di Gestione (organo tecnico amministrativo dell'INA-Casa), furono richieste successivamente alcune modifiche.

Queste modifiche comportarono la totale rielaborazione del progetto, terminato nel settembre 1957.

Del progetto originale vennero realizzate le sette corti più ad Est; altre due vennero realizzate dall'INCIS con altra direzione dei lavori.

Successivamente, nel 1963, l'Ufficio comunale PEEP predispose una variante per la zona Ovest nella quale, eliminate le corti, furono previsti edifici a nove piani (Figura 2.4).



*Figura 2.4: Planimetria con variante per la zona Ovest*

Inoltre vennero modificati i tipi edilizi indicati dal pianificatore introducendo tipi in linea e a torre; venne quindi realizzato un quadrilatero di edifici in linea con al centro tre torri di diciotto piani.

Questi ulteriori interventi di completamento, gestiti da vari enti pubblici, modificano profondamente il carattere originario del quartiere.

Nella seconda fase della costruzione del quartiere si assistette quindi alla densificazione della residenza tramite tipologie in linea e a torre, e alla disseminazione dei servizi all'interno dell'area. Ciò che ne risultò fu l'aumento della superficie a verde pubblico rispetto a quella inizialmente progettata, a discapito degli spazi aperti strettamente condominiali.

Il complesso, realizzato intorno al 1976, consta di tre edifici a torre di 17 piani, costruiti uno alla volta attorno ad una sorta di piazza centrale adibita a parcheggio a raso.



*Figura 2.5 e 2.6: Il complesso delle torri Cavedone*

L'intervento si colloca in un panorama storico in cui si vive un periodo di recessione, in cui in particolare si verifica un calo della produzione edilizia che dalle 377.000 unità prodotte nel 1970 passa a 180.000 nel 1976. Ciò risulta imputabile anche all'aumento dei costi di costruzione incrementati del 140% nello stesso arco di tempo, conseguenza dell'andamento del mercato. In quest'ottica viene scelto l'uso della industrializzazione edilizia in relazione ad una politica di contenimento dei costi nel prezzo di appalto.

In questa direzione vanno le scelte intraprese da diverse imprese ed in particolare dalle cooperative di costruzione di raggrupparsi al fine di abbattere i costi di gestione ed essere più competitivi sul mercato.

Tant'è che i consorzi delle cooperative edili videro incrementare annualmente il loro volume di affari, e furono proprio questi i primi a introdurre l'industrializzazione dei getti in cantiere e la prefabbricazione, promuovendone anche lo sviluppo e la ricerca. Non deve quindi sorprendere se le cooperative emiliane, e in particolare quelle di Bologna e Ravenna, si trovarono ad operare su tutto il territorio nazionale.

Le tre torri fanno parte dell'intervento più ampio di edilizia convenzionata e ristrutturazione urbana che interessa tutto il quartiere del Cavedone in quel periodo, e che include la realizzazione non solo di edifici a carattere residenziale.

## 2.2 Il quartiere Cavedone allo stato attuale

Il quartiere Cavedone è situato nella parte orientale della periferia bolognese (Figura 2.7), lungo via degli Ortolani, importante asse di collegamento viario fra Bologna e San Lazzaro di Savena, e fa parte del piano di edilizia popolare dell'ente I.A.C.P. (Istituto Autonomo Case Popolari).



*Figura 2.7: Inquadramento rispetto al territorio comunale*

Il complesso è racchiuso fra quattro vie: via degli Ortolani, via Firenze, via Cavazzoni, via Torno (Figura 2.8).





*Figura 2.8: Inquadramento rispetto al contesto urbano*

L'area adibita all'edificazione nel quartiere Cavedone era, all'epoca, di espansione per la città: ciò ha permesso di isolare le tre torri dal contesto costruito grazie ad ampi spazi verdi.

Dal punto di vista del panorama normativo il progetto fa riferimento alle norme Gescal, alle quali si attiene rigorosamente. In questo periodo si assiste a Bologna all'applicazione della Legge n. 167/1962, cui la normativa Gescal fa in parte riferimento, in maniera proficua per lo sviluppo della città, attraverso la realizzazione dei piani di zona relativi all'edilizia residenziale pubblica, scegliendo le aree di intervento in zone centrali o semiperiferiche, realizzando così una integrazione col tessuto urbano esistente, cosa che non è successa in altre città.

Altro elemento fondamentale che caratterizza l'area è la presenza della linea ferroviaria direttissima, elemento che comunque non risulta essere eccessivamente di cesura dello spazio edificato.

Ciò che si può dire è che lo stato di fatto risulta molto più frammentario rispetto a quello di progetto, in seguito alle continue modifiche che il progetto ha subito nel tempo.

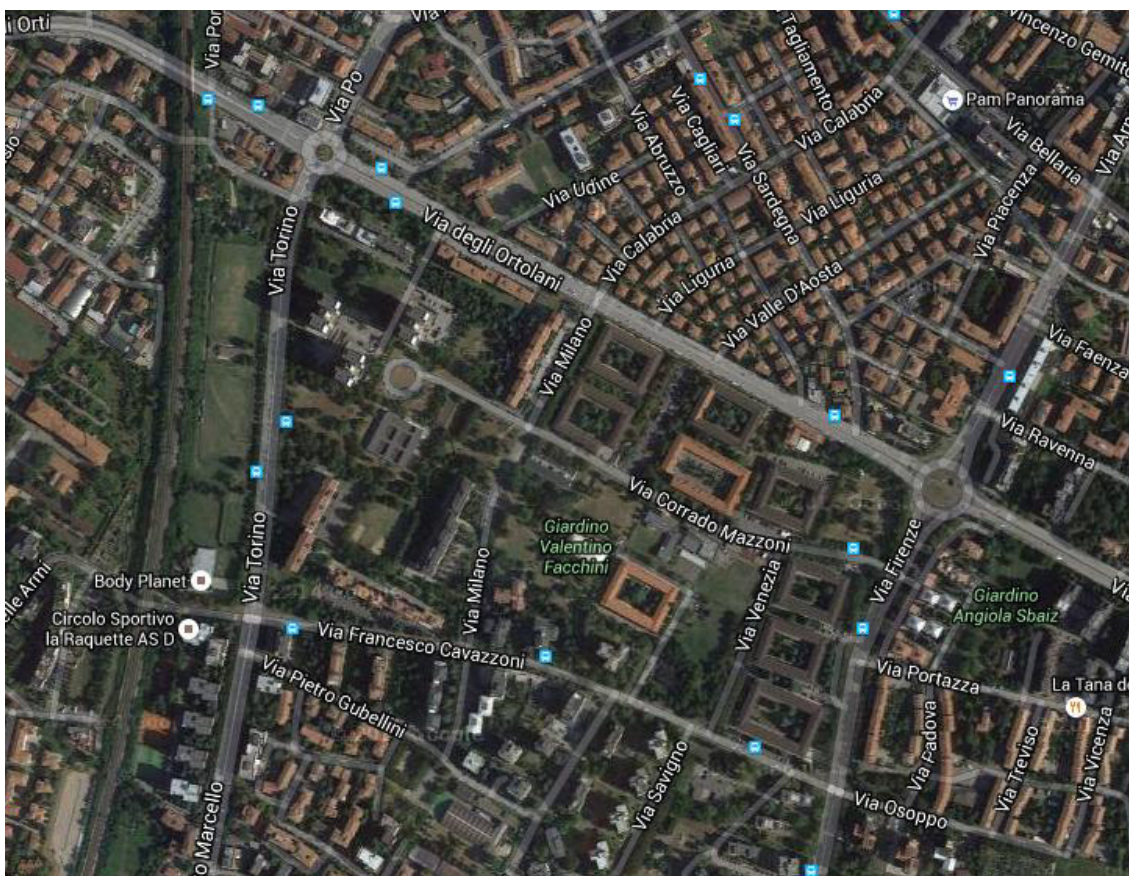
### ***2.2.1 Analisi delle infrastrutture e della mobilità***

Analizzando i vari assi stradali che interessano l'area oggetto di studio, si nota innanzi tutto la presenza di un importante asse stradale che è Via degli Ortolani, in quanto è il principale percorso di collegamento fra Bologna e San Lazzaro, che definisce e delimita a nord il quartiere.

A sud il comparto invece è definito dalla presenza di Via Cavazzoni.

Sul lato ad ovest è collocata via Torino, che è stata realizzata in concomitanza alla costruzione degli edifici del comparto stesso e che attualmente costituisce anche'essa un importante asse di collegamento.

Infine sul lato ad est scorre Via Firenze (Figura 2.9).



*Figura 2.9: Assetto della rete della viabilità*

A partire dagli assi principali sopra elencati si diramano poi i vari percorsi che definiscono la rete della viabilità interna, lungo le quali sorgono i vari edifici.

Questi percorsi risultano tra loro collegati al fine di facilitare la circolazione interna e sono concepiti con lo scopo esclusivo di consentire l'accesso alle residenze.

I collegamenti interni tra le residenze ed i vari servizi, sono invece pensati affinché possano essere effettuati tramite percorsi esclusivamente pedonali, infatti la scuola materna ed elementare, la chiesa, il centro sociale, il mercato ed il centro sportivo sono raggiungibili senza l'ausilio di mezzi motorizzati.

Lo spazio aperto è prevalentemente di carattere semicollettivo, infatti la maggior parte del verde presente è ad uso pubblico ed attrezzato, e pertanto destinato ad un utilizzo da parte di tutta la popolazione residente. In aggiunta anche negli edifici di antecedente realizzazione, rispetto a quella del complesso delle torri, è prevista la presenza di corti comuni, che costituiscono i luoghi d'incontro e di socializzazione degli abitanti di ogni blocco di edifici.

Dalle scelte costruttive eseguite si può però evidenziare un aspetto positivo: i fabbricati furono realizzati tutti su pilotis o comunque porticati, cosicché il quartiere è divenuto interamente percorribile a piedi e gli spazi verdi collegati visivamente fra loro, così da rendere l'impressione che i corpi estranei nel contesto siano gli edifici.

### ***2.2.2 Analisi dei servizi***

Nel quartiere Cavedone oltre alla residenza sono stati realizzati fabbricati aventi anche diverse destinazioni d'uso. In particolare sono presenti un asilo nido, una scuola materna e elementare, una pista di pattinaggio, una chiesa e degli edifici a carattere commerciale.

Il quartiere è provvisto di una grande dotazione di verde pubblico (quasi 40 mq per abitante), grazie agli indici stabiliti dal piano regolatore dell'epoca.

All'interno del comparto nello specifico possiamo trovare tre tipologie di verde pubblico: verde destinato a parco, verde attrezzato di pertinenza delle scuole, verde attrezzato ad utilizzo delle collettività con giochi per bambini, ed infine verde sportivo, a servizio dei centri sportivi presenti all'interno del lotto (Figura 2.10).

Un aspetto negativo, come conseguenza della disseminazione dei servizi, si può segnalare nella mancanza di un unico polo attrattivo per gli abitanti del vicinato.

Nel complesso i servizi, grazie al fatto che le strade interne al comparto vengono utilizzate prevalentemente dalla popolazione residente nel quartiere e pertanto non sono



strade destinate al traffico di scorrimento, e grazie anche al fatto che parte dei collegamenti interni sono destinati solo alla mobilità pedonale, sono facilmente raggiungibili in tutta sicurezza anche dalle categorie più fragili, come bambini, anziani e disabili.



*Figura 2.10: Servizi*

## 2.3 Il complesso delle torri Cavedone

### 2.3.1 *Analisi ambientale*

Effettuando una prima analisi dal punto di vista ambientale del complesso Cavedone, è possibile rilevare che le aree che circondano il gruppo delle tre torri sono tutte destinate a verde. Queste aree risultano nel complesso discretamente piantumate.

Effettuando un'analisi più dettagliata delle piante arboree presenti, si riscontra che sono presenti sia alberature decidue, nella percentuale circa del 75%, sia di quelle sempreverdi, nella percentuale restante del 25%.

Tra le specie arboree decidue presenti si rilevano soprattutto olmi e frassini, mentre per quelle di tipo sempreverde pini e abeti.

La presenza del verde piantumato, e nello specifico nella maggioranza di tipo deciduo, è da considerarsi un aspetto positivo, poiché in questo modo si garantisce durante il periodo estivo, nel quale le temperature e la durata all'esposizione solare sono maggiori, il parziale raffrescamento nelle aree adiacenti alle torri, grazie al filtraggio dei raggi solari operato dal fogliame, mentre nel periodo invernale il passaggio libero dei raggi solari, grazie all'assenza del fogliame.

Nonostante la presenza del verde in tutta la fascia circostante gli edifici, nel complesso però le torri risultano comunque esposte durante il periodo estivo al soleggiamento, e durante il periodo invernale all'azione dei venti freddi, soprattutto ai piani superiori, a causa dell'elevata altezza degli edifici e pertanto all'assenza di possibili barriere e filtri.

### ***2.3.2 Analisi climatica***

Al fine di poter compiere una prima analisi climatica del complesso, si è proceduto attraverso il rilevamento dell'esposizione solare del complesso oggetto di studio, mediante l'impiego del software Ecotect.

L'andamento del sole infatti varia a seconda del periodo dell'anno che prendiamo in considerazione, e questo si ripercuote sia sull'intensità dei raggi, sia sulla durata, in termini di ore giornaliere, del periodo di esposizione.

Osservando le Figure 2.11 e 2.12, è possibile confrontare l'esposizione giornaliera durante i due giorni di riferimento più indicativi (21 Giugno e 21 Dicembre).

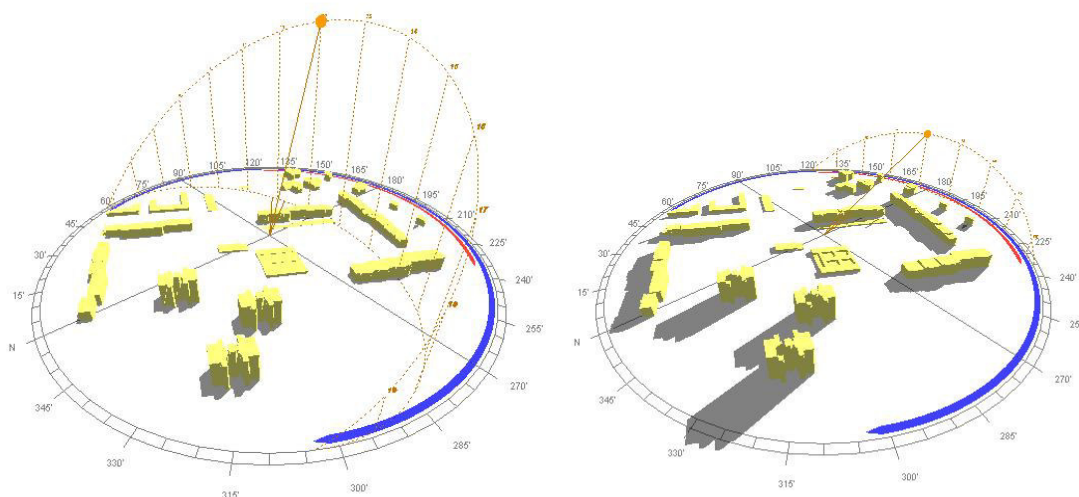


Figura 2.11 e 2.12: Esposizione giornaliera nelle date 21 Giugno e 21 Dicembre

Attraverso infatti lo studio delle condizioni di soleggiamento, durante le varie ore del giorno delle date più rappresentative, è possibile individuare le zone maggiormente sensibili sia nel contesto estivo, sia in quello invernale e le condizioni più comunemente riscontrabili nel periodo intermedio (primaverile ed autunnale).

E' necessario infatti tenere in considerazione che, mentre nel periodo estivo le aree considerate maggiormente sensibili sono quelle dove si verifica l'esposizione ai raggi solari lungo tutto l'arco della giornata e che quindi rilevano fondamentalmente alti livelli della temperatura e quindi un surriscaldamento eccessivo, nel periodo invernale le zone maggiormente sensibili risultano proprio quelle che sono perennemente in ombra lungo tutto l'arco della giornata, poiché in queste zone oltre a rilevarsi basse temperature, spesso si rilevano fenomeni di umidità, a causa della mancata esposizione ai raggi solari.

Sono state pertanto considerate come giornate di riferimento quella del 21 Giugno, che coincide con la data del solstizio d'estate, per analizzare il contesto estivo e quella del 21 Dicembre, che coincide con la data del solstizio d'inverno, per analizzare la situazione invernale.

E' stata anche analizzata la situazione relativa alla data del 21 Marzo e 21 Settembre, che coincidono con le date dell'equinozio di primavera ed autunno per l'analisi del contesto intermedio.



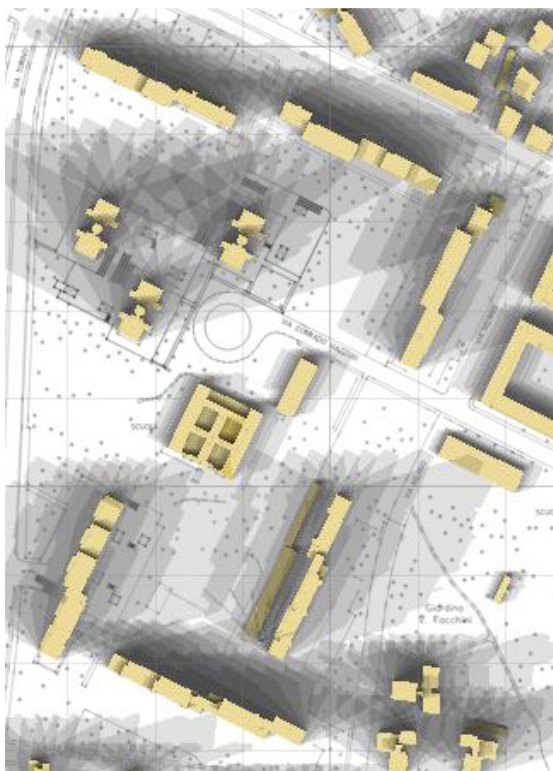


Figura 2.13: Ombreggiamento giornaliero il 21 Marzo



Figura 2.14: Ombreggiamento giornaliero il 21 Giugno

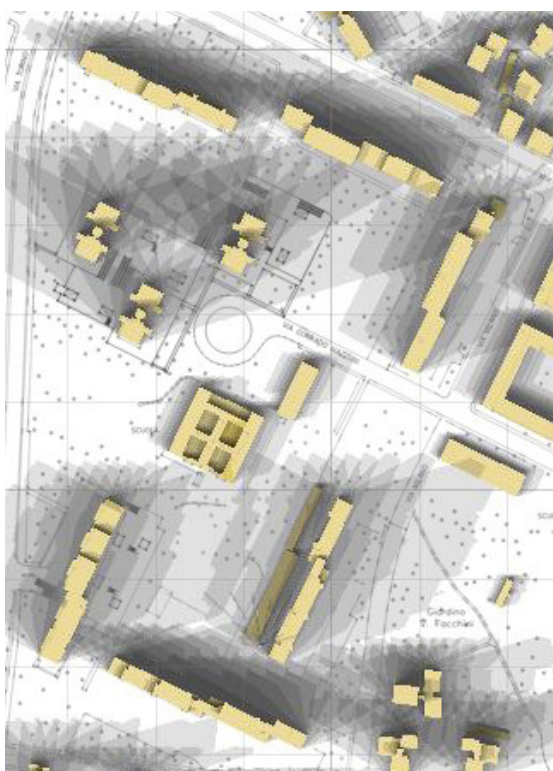


Figura 2.15: Ombreggiamento giornaliero il 21 Settembre

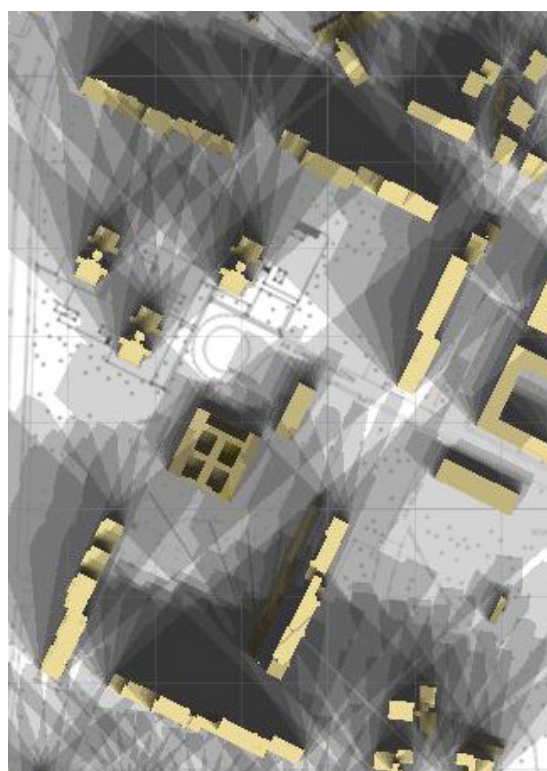


Figura 2.16: Ombreggiamento giornaliero il 21 Dicembre

Da queste analisi si rileva che nel periodo estivo le zone maggiormente critiche risultano essere le facciate esposte a sud ed ovest in quanto non sono protette da alcun filtro; inoltre anche la zona centrale del parcheggio di servizio alle tre torri, nelle ore centrali risulta completamente esposta ai raggi solari e quindi si raggiungono alti livelli delle temperature, data anche in questo caso all'assenza di protezioni e filtri (come tettoie o alberature).

Nella situazione invernale invece le zone maggiormente critiche risultano quelle a nord, in quanto buona parte del giorno in ombra.

Il complesso delle torri non è invece soggetto all'ombreggiamento dovuto ad altri edifici limitrofi, grazie alla distanza di questi da queste, però si verifica l'ombreggiamento reciproco tra le torri, soprattutto nelle prime ore della giornata e nel primo pomeriggio.

Infine analizzando l'esposizione al vento del complesso, si rileva che i venti caldi predominanti nel periodo estivo, risultano provenienti da Sud-Est, mentre i venti freddi predominanti nel periodo invernale, risultano provenienti da Nord-Ovest.

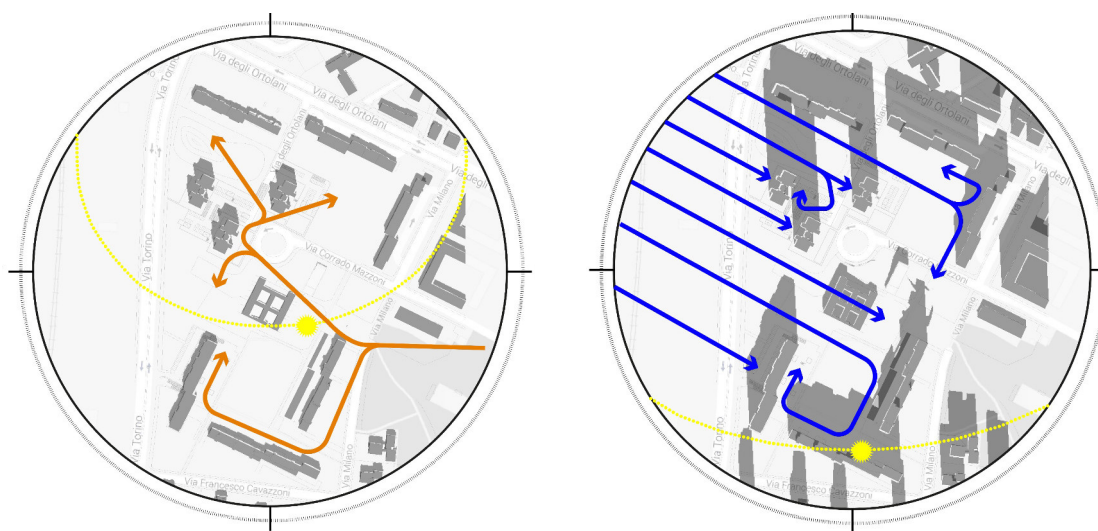


Figura 2.17: Esposizione ai venti nel periodo estivo ed invernale

## **2.4 L'edificio a torre**

Le torri presentano una tipologia planimetrica ad H piuttosto articolata, con aggetti e rientranze che sono conseguenza di uno schema vincolato dal procedimento costruttivo.

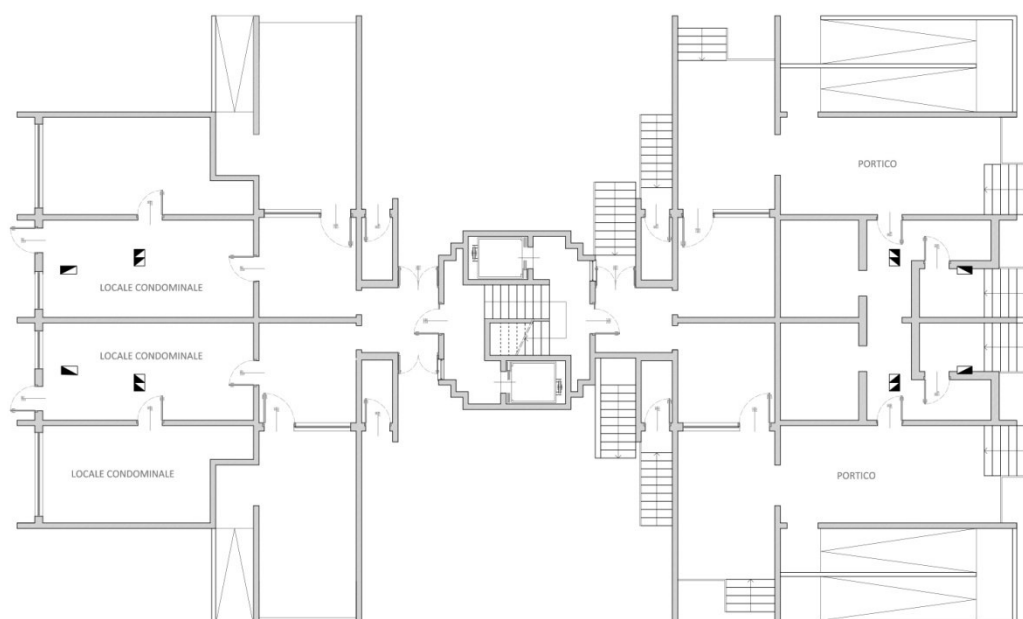
In ciascuna torre al piano terra sono collocati i locali ad uso comune come ad esempio i vani deposito e le sale condominiali, mentre ai piani superiori sono collocati gli appartamenti. L'ultimo piano delle torri risulta invece destinato alle cantine.

Nel complesso in ciascuna torre sono presenti 62 appartamenti tutti uguali, ripartiti con distribuzione di due per pianerottolo. Questa scelta comporta delle conseguenze sia dal punto di vista architettonico, in quanto un braccio della H risulta sfalsato di mezzo piano rispetto l'altro, cosa ben evidente nei prospetti, che da quello funzionale, in quanto ciò comporta la realizzazione di due ascensori, ciascuno dei quali serve una sola metà della torre.

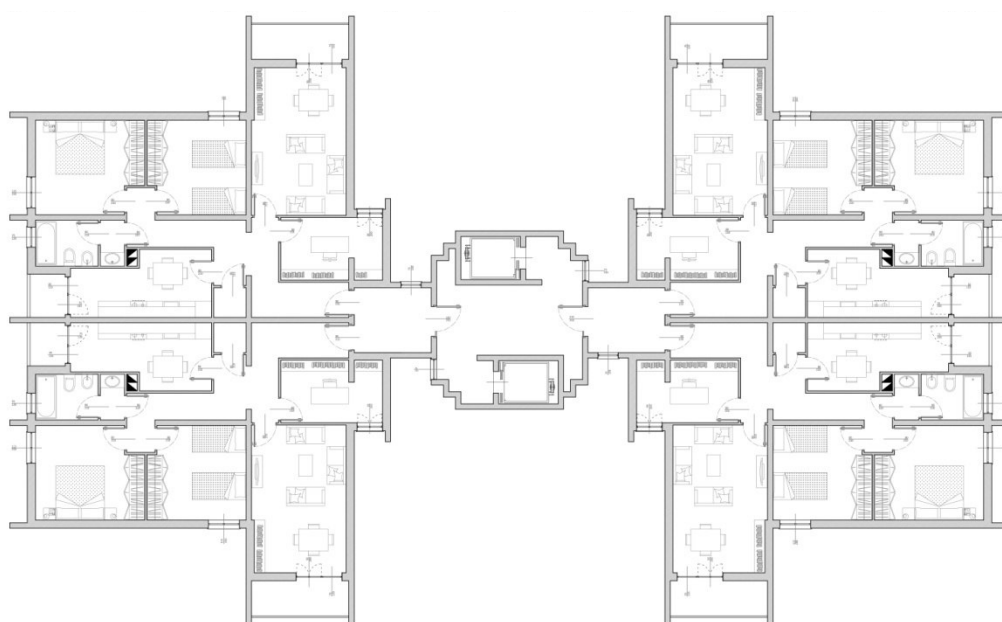
È presente inoltre un piano cantine seminterrato e un interrato a garage realizzato con box singoli.

Ogni appartamento si compone di un soggiorno di 18,95 mq, un ingresso e disimpegno di 14,70 mq totali, una cucina di 9,00 mq, una camera singola / studio di 8,55 mq, due camere da letto matrimoniali di cui una di 12,50 mq e l'altra di 13,35 mq, un bagno con antibagno di 5,50 mq ed infine di un ripostiglio di 1,30 mq. Negli appartamenti si è progettata una distribuzione dei vani studiata in modo da suddividere la zona giorno da quella notte e da minimizzare la distribuzione.

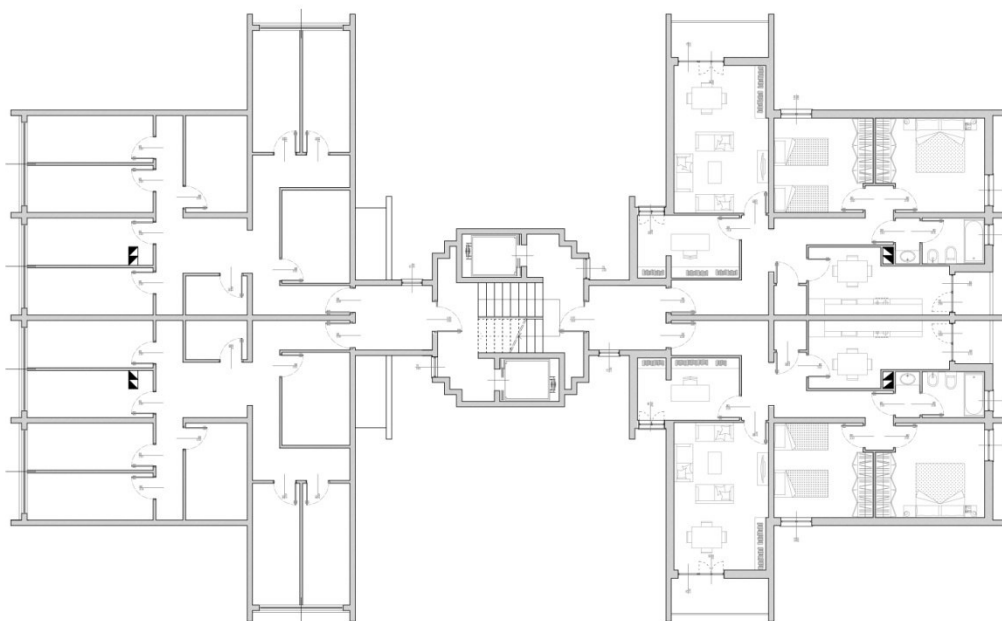
D'altro canto la composizione abbastanza rigida di fatto evidenzia problemi di cattiva ventilazione degli alloggi.



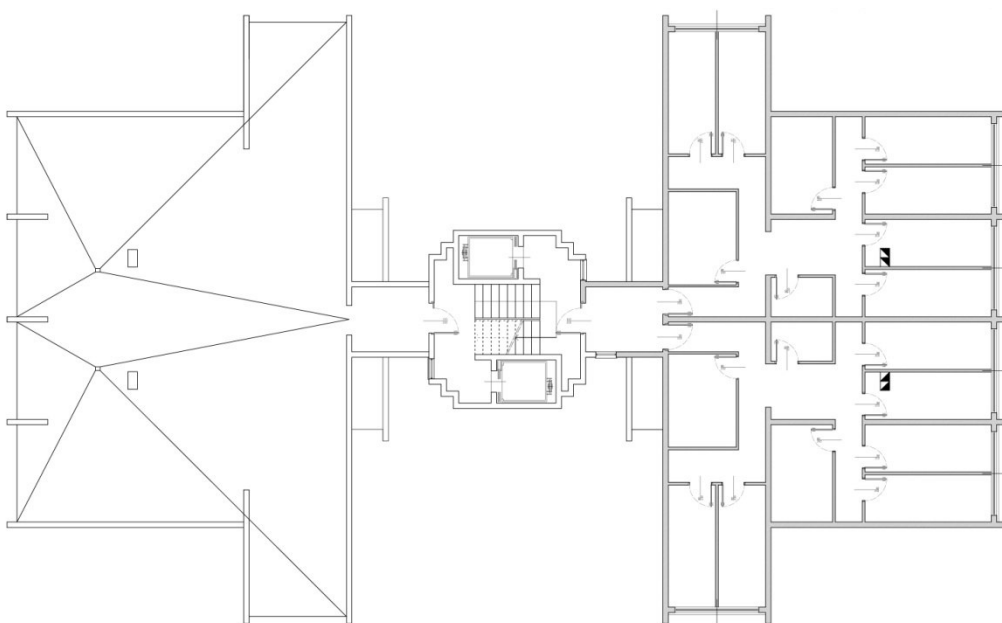
*Figura 2.18: Pianta piano terra*



*Figura 2.19: Pianta piano tipo*

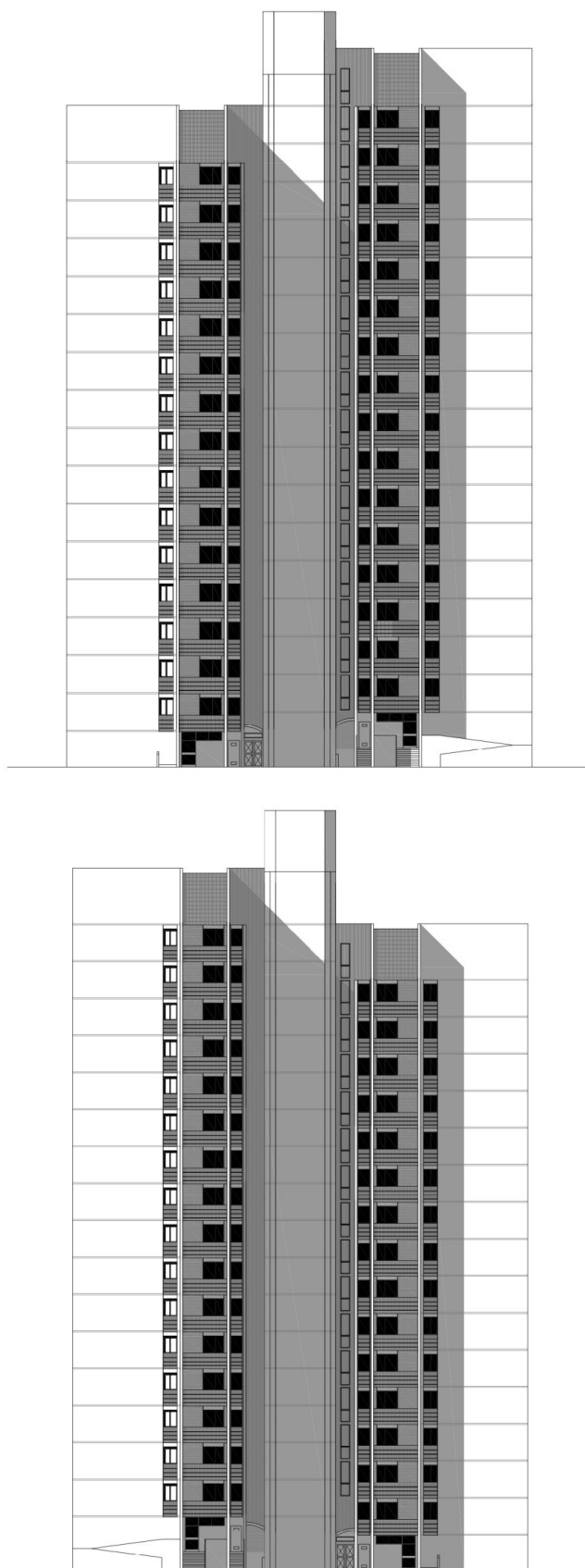


*Figura 2.20: Pianta piano sedicesimo*

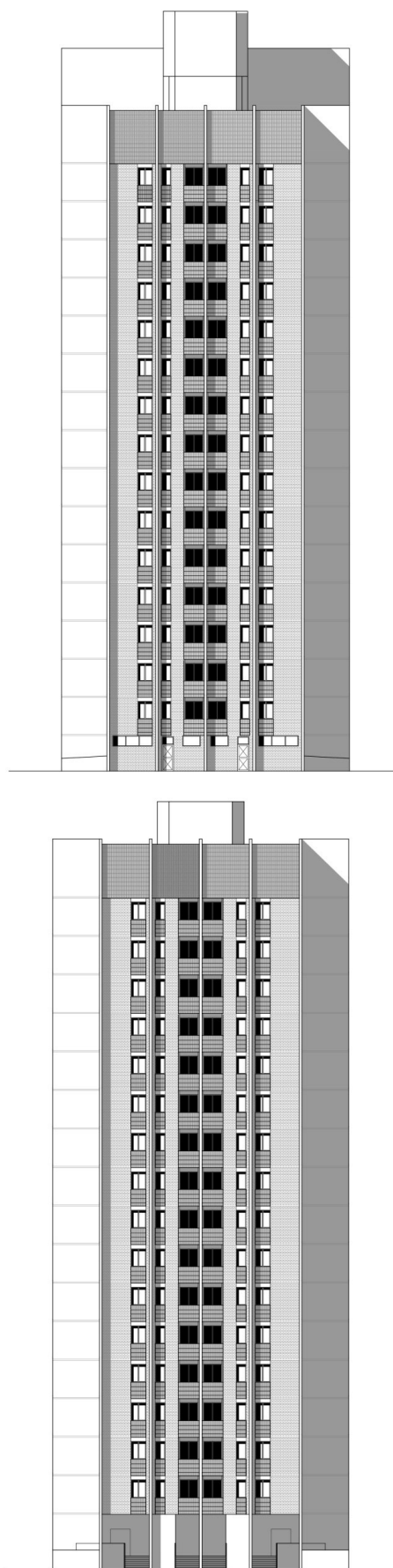


*Figura 2.21: Pianta piano diciassettesimo*

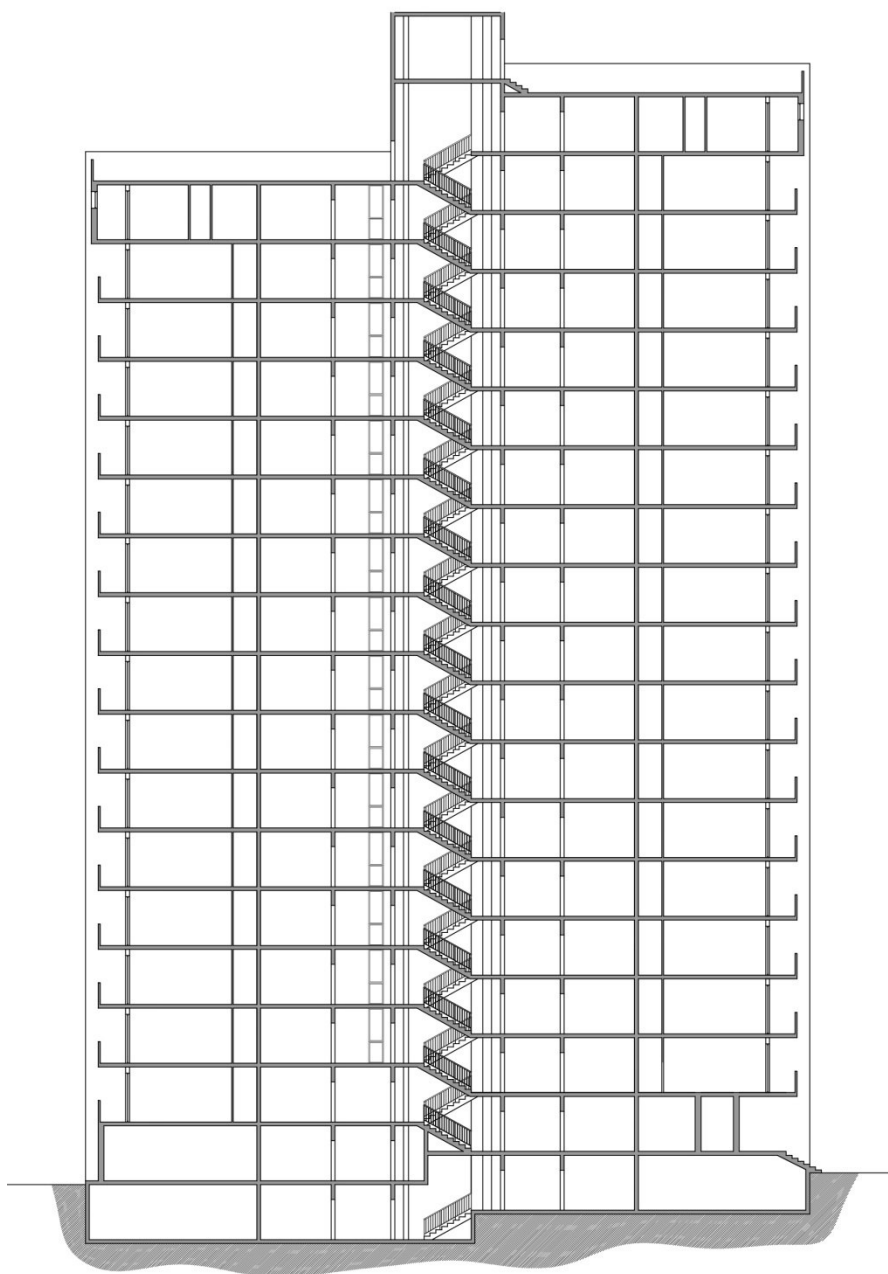




*Figura 2.22: Prospetti sud-est e nord-ovest*



*Figura 2.23: Prospetti nord-est e sud-ovest*



*Figura 2.24: Sezione*

### ***2.4.1 La struttura portante***

L'obiettivo della cooperativa di costruzione era quello di raggiungere un buon abbattimento dei costi di produzione senza che questo andasse a discapito della qualità dell'alloggio secondo quelli che erano i parametri vigenti all'epoca.

Il Consorzio Ravennate delle Cooperative di Produzione e Lavoro nella realizzazione di quest'opera mette a frutto le conoscenze che stava sviluppando proprio in quel periodo sull'introduzione della industrializzazione in edilizia e razionalizzazione del cantiere e

dei processi produttivi. In particolare la realizzazione esecutiva delle opere viene effettuata con l'applicazione del metodo del coffrage-tunnel, acquisito grazie alla collaborazione con la Société Nationale de Construction (S.N.C.) di Parigi, che già dagli anni Cinquanta inizia la sperimentazione di tale soluzione costruttiva.

La peculiarità del sistema consiste nell'impiego di casseforme metalliche di grandi dimensioni (coffrages-tunnels) con le quali all'atto del disarmo il conglomerato risulta liscio e privo di imperfezioni al punto di non necessitare di intonaco prima della verniciatura.

Altra prerogativa è quella di incorporare direttamente nel getto gran parte dei sistemi impiantistici e gli alloggiamenti per gli infissi.

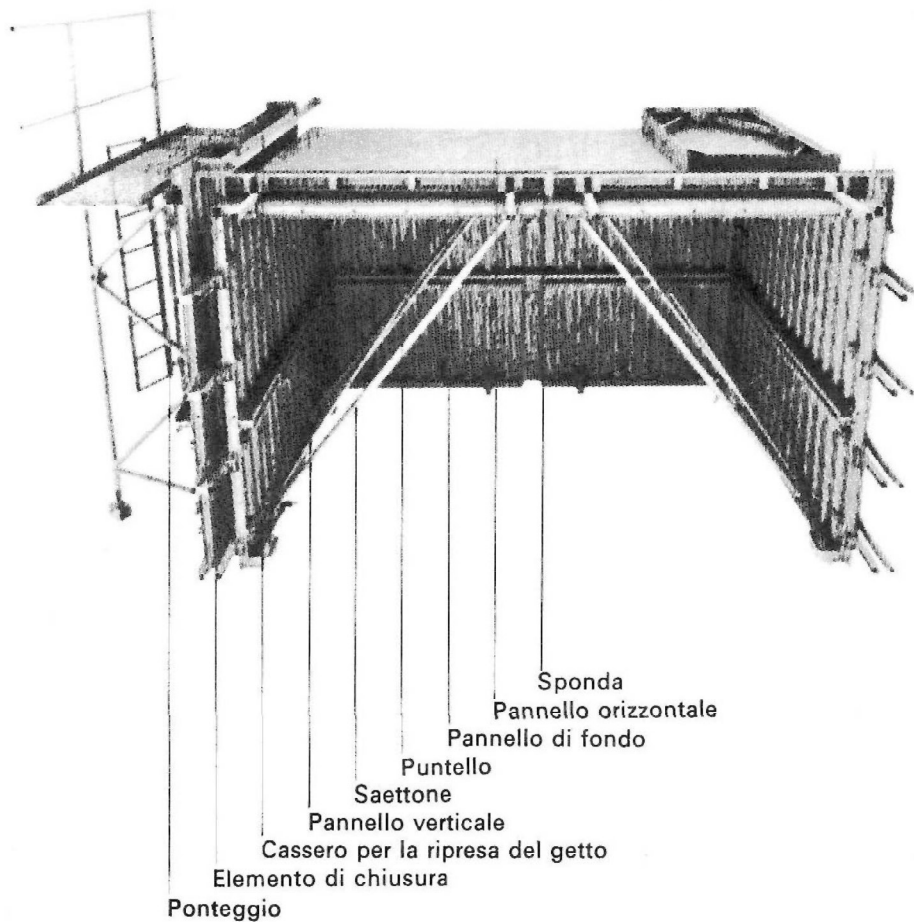
Altri aspetti positivi da sottolineare di questo sistema sono:

- a) solidità strutturale in particolare relativamente ai carichi orizzontali;
- b) compatibilità coi materiali tradizionali di finitura;
- c) possibilità di un elevato ritmo produttivo idoneo a conseguire l'esecuzione delle opere in tempi minimi.

Sebbene la tecnica costruttiva adottata influisca notevolmente sull'organizzazione spaziale e vincoli in maniera piuttosto rigida lo sviluppo dell'edificio, grazie alla scelta architettonica di prolungare i setti in c.c.a. oltre il filo delle tamponature, mostrando così esplicitamente all'esterno la struttura portante, l'architetto è riuscito a coniugare l'aspetto estetico con quello strutturale.

La struttura portante nel complesso risulta quindi ben integrata nell'edificio, e ne diviene un elemento caratterizzante.

### 2.4.1.1 *Il sistema costruttivo a coffrage-tunnel*



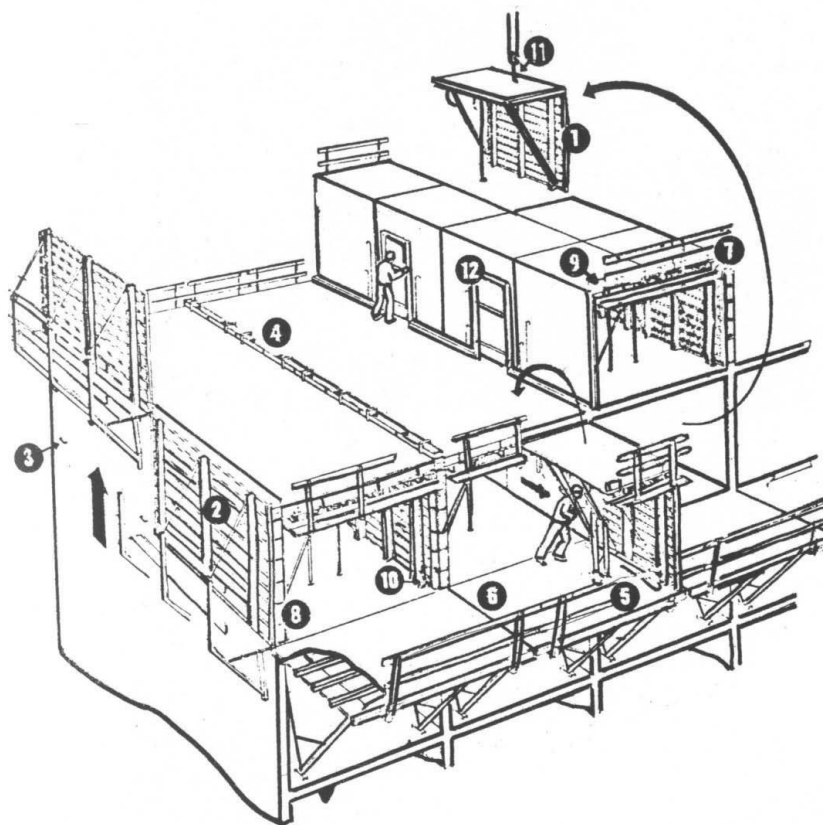
*Figura 2.25: Cassaforma a tunnel*

Nel secondo dopoguerra ci fu una tendenza diffusa nell'industria delle costruzioni di introdurre la gestione del processo tipica degli altri settori industriali. Industrializzare il settore edilizio significa fondare la produzione su un processo operativo in cui la variabilità delle azioni, tipica dei processi artigianali, sia sostituita da operazioni di programmazione, organizzazione, meccanizzazione e gestione operativa, proprie delle attività industriali. Le caratteristiche distintive del metodo industriale sono:

- a) la qualità del prodotto;
- b) la complessità del prodotto;
- c) la producibilità in serie;
- d) il grado di automazione nel processo di produzione.

Questa tendenza ha assunto diverse forme che vanno dalla prefabbricazione in officina o a piè d'opera di componenti alla industrializzazione dei getti di calcestruzzo.

In Francia questa esperienza nasce negli anni Cinquanta dalle ricerche di imprese come Outinord e altre, mentre in Italia arriva solo negli anni Settanta principalmente con le realizzazioni delle cooperative di costruzione di Bologna e Ravenna in collaborazione con quelle francesi.



*Figura 2.26: Schema operativo di movimentazione di carpenteria a demi-tunnel. 1)Elemento di demi-tunnel. 2) Banche. 3) Ancoraggio banche. 4) Cordolo di riferimento o baggiolo. 5)Protezione al piano. 6) Pianale di lavoro mobile. 7)passerella di lavoro fissa al demi-tunnel. 8)Contenitore di getto verticale. 9)Contenitore di getto orizzontale. 10)Piedi di appoggio a vite. 11) Ancoraggio baricentrico. 12) Controforma per riservazioni.*

Furono in particolare le cooperative a introdurre queste innovazioni nel processo costruttivo perché l'adozione di tecnologie industrializzate presuppone una complessa organizzazione del cantiere e della programmazione dei lavori, ed è quindi necessaria una struttura d'impresa idonea a gestire un tale onere organizzativo.

Il sistema a tunnel e a demi-tunnel si fonda sull'utilizzo di casseforme metalliche rispettivamente a "U rovescio" (dette anche a conchiglia) e a "L rovescio" (dette anche a mezza conchiglia). Esistono diverse tipologie di casseforme a seconda della ditta produttrice e dei relativi brevetti, idrauliche o meccaniche, ma in generale si può dire

che il metodo applicativo risulta lo stesso. Si tratta quindi di casseri di grandi dimensioni con la possibilità di scorrere su rotaie, con i quali è possibile realizzare il getto di setti e solai contemporaneamente, i quali quindi risultano fra loro solidali e monolitici. Gli elementi di tunnel sono formati da strutture in profilati metallici che sorreggono le lamiere, e vengono solitamente disposti di seguito a formare la “canna” necessaria a coprire l’intera profondità del corpo di fabbrica.

L’affiancamento di diverse canne in batteria distanziate fra loro di 14 – 20 cm, permette poi il getto del calcestruzzo che andrà quindi a riempire lo spazio vuoto lasciato fra le casseforme creando i setti portanti. Per la realizzazione dei setti di testa si ricorre all’uso di banches, derivate dal sistema a banches et tables, il quale è un sistema simile a quello a tunnel ma in cui vengono realizzati separatamente i setti e i solai utilizzando appunto delle casserature separate per gli elementi orizzontali e verticali.

L’uso di casseri metallici produce un risultato finale del getto già liscio e privo di imperfezioni grazie anche alla vibratura del calcestruzzo, così che all’atto dello sfilamento dei tunnel la superficie si presenta già pronta alla verniciatura senza bisogno di applicare uno strato di intonaco. Il sistema prevede inoltre una serie di altri elementi atti a fornire l’opera completa in ogni sua parte:

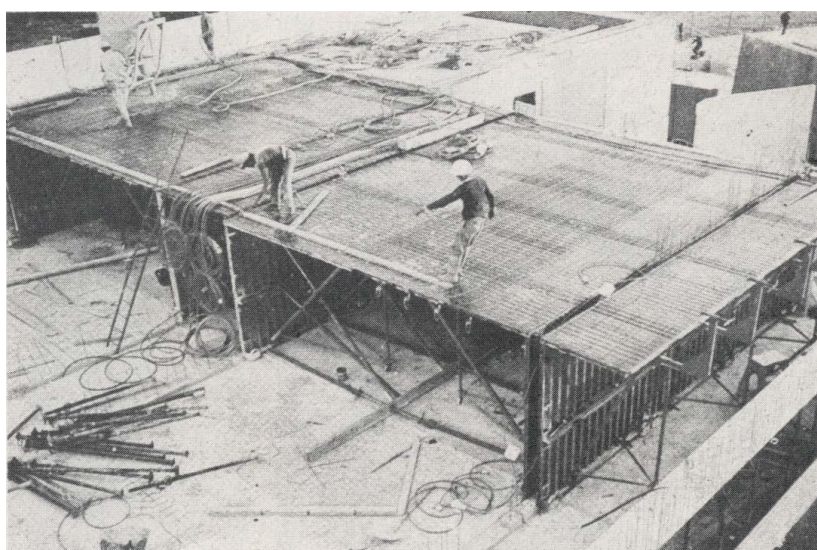
- a) elementi per la realizzazione di scale e ascensori;
- b) elementi contenitori di getto negli spazi compresi fra due canne sia verticali che orizzontali;
- c) barre orizzontali per realizzare cordoli sulle solette;
- d) controforme mobili per la realizzazione di aperture nel getto (cosiddetti “negativi”);
- e) tutti gli strumenti, incluse le passerelle mobili per lo sfilamento, necessari all’armo, al disarmo e alla movimentazione delle casseforme.

Durante il posizionamento dei tunnel è fondamentale effettuare una verifica di orizzontalità, di piombatura delle casserature e di squadra dei cordoli di spiccatto, al fine di ottenere una realizzazione a perfetta regola d’arte. Una volta concluso l’armo delle casseforme si procede alla posa delle armature, spesso realizzate con reti elettrosaldate, e dei canali per gli impianti. Questi ultimi infatti vengono inglobati nel getto di calcestruzzo o vengono progettati dei cavedii, eliminando così il massetto per impianti dei solai classici e la realizzazione di tracce nei tramezzi, ed imponendo una progettazione integrata anche degli aspetti impiantistici, che spesso invece veniva trascurata.

Finita la predisposizione di tutti gli elementi sopra riportati, si procede all'esecuzione della carpenteria del cordolo di riferimento. Il metodo più diffuso è quello della cosiddetta "croce di aggiustaggio", realizzata con blocchi di dimensioni verticale pari a quella del muro e orizzontale a quella della soletta. Le croci vengono poi inserite e fissate al tunnel, e al momento del getto della soletta si esegue anche quello del cordolo che, se ben realizzato, fa in modo che l'eccentricità della costruzione sia praticamente nulla. Una volta effettuato il getto si provvede alla sua vibrazione con vibratori a cassero o ad ago. Si conclude così il ciclo tunnel giornaliero.



*Figura 2.27: Croci di aggiustaggio e longheroni per la realizzazione dei baggioli di riferimento che serviranno per il posizionamento degli elementi a tunnel del piano superiore. I longheroni serviranno anche come guide per la staggia vibrante utilizzata in fase di getto*



*Figura 2.28: Predisposizione armature e canalizzazioni su tunnel e demi-tunnel*





*Figura 2.29: Finitura dell'estradosso della soletta mediante staggia vibrante*

Per fare in modo che la produzione industrializzata dell'edificio sia efficiente, è necessario che il ciclo tunnel si possa eseguire con ritmo quotidiano, e a tal fine diventa quindi necessario predisporre un sistema di presa rapida del calcestruzzo. Innanzitutto occorre agire sulla composizione dell'impasto, cercando di mantenere il rapporto acqua cemento (solitamente cemento 42,5) intorno allo 0,6, eventualmente con l'ausilio di fluidificanti e superfluidificanti.

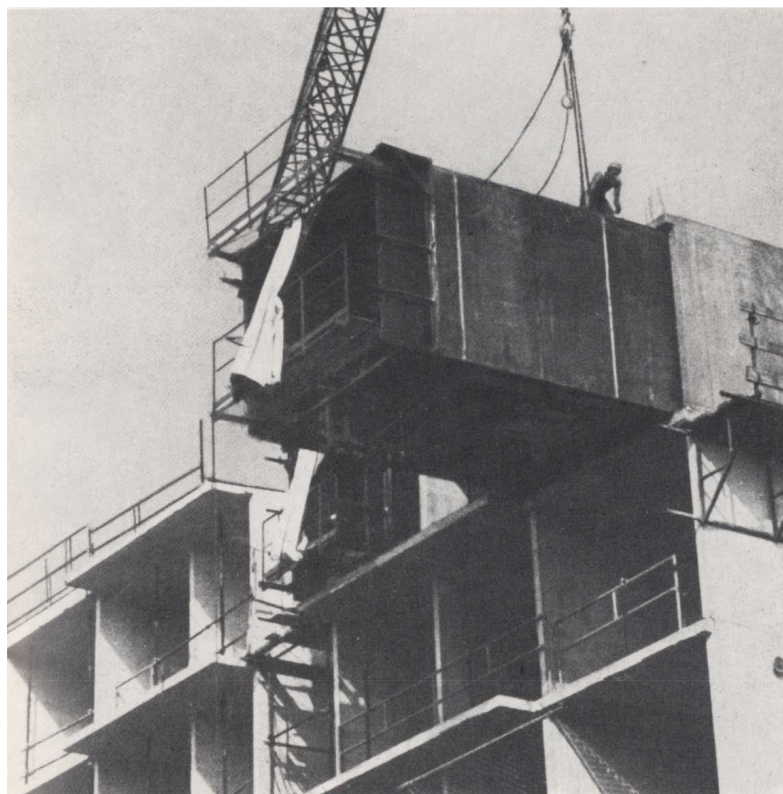
L'altro fattore su cui agire per accelerare la presa è la temperatura. Esistono diversi sistemi studiati al fine di incrementare la temperatura di presa del getto per realizzare la maturazione forzata:

- a) riscaldamento delle lamiere per convezione di aria calda prodotta con bruciatori a gasolio;
- b) riscaldamento delle lamiere per irradiazione con bruciatori a gas liquido;
- c) riscaldamento a vapore, utilizzato principalmente per i prefabbricati perché causerebbe corrosione delle cassetture a tunnel;
- d) riscaldamento con resistenze elettriche;
- e) riscaldamento con serpentine ad acqua calda;
- f) accelerazione mediante additivi chimici, costoso e che non garantisce uniformità di risultato per tutti i getti;
- g) preriscaldamento degli inerti e dell'acqua di impasto;
- h) campi di induzione elettromagnetica.

I metodi diffusi in Italia negli anni Settanta e adottati dalle cooperative sono soltanto i primi due, e in particolare il più diffuso è il tipo b), con il quale è possibile far

raggiungere al calcestruzzo una resistenza di 100 kg/cmq in 8 ore, avendo cura di mantenere la temperatura al di sotto dei 50°C.

Finita la maturazione forzata si procede al disarmo dei tunnel e al loro reimpiego per l'avvio di un nuovo ciclo.



*Figura 2.30: Sfilaggio casseri a tunnel*

### ***2.4.2 I tamponamenti***

Le pareti di tamponamento esterno vengono realizzate a cassetta nel modo seguente dall'esterno verso l'interno:

- a) parete esterna in bimattoni stuccati a vista  $sp = 12\text{ cm}$ ;
- b) strato di malta  $sp = 1\text{ cm}$ ;
- c) polistirolo  $sp = 2\text{ cm}$ ;
- d) intercapedine d'aria  $sp = 6\text{ cm}$ ;
- e) parete interna con lastre di gesso  $sp = 8\text{ cm}$ .

È evidente che una parete così costituita poteva soddisfare quelli che erano gli standard vigenti negli anni Settanta, essa risulta assolutamente insufficiente a soddisfare quelli

che sono i requisiti imposti attualmente in materia di consumo degli edifici e risparmio energetico.

### ***2.4.2 I solai***

Sempre nel rispetto della normativa tecnica Gescal e relativamente al problema di isolamento acustico si sottolinea l'inserimento nei solai di uno strato di sughero tipo “suberflex” per soddisfare i requisiti normativi. Il solaio tipo risulta quindi così stratificato dal basso verso l'alto:

- a) conglomerato cementizio armato portante  $sp = 16 \text{ cm}$ ;
- b) collante  $sp = 0,1 \text{ cm}$
- c) isolante acustico in sughero  $sp = 0,2 \text{ cm}$
- d) collante  $sp = 0,1 \text{ cm}$
- e) pavimento in quadrotti di rovere di Slavonia  $sp = 0,8 \text{ cm}$ .

## 2.5 Analisi energetica dell'edificio attuale

All'interno di un precedente studio svolto sui medesimi edifici, è stata effettuata un'analisi energetica dell'edificio allo stato attuale, attraverso l'impiego del software Termo. I dati raccolti sono i seguenti:

Informazioni generali																																																																																												
Comune	BOLOGNA																																																																																											
Provincia	BO																																																																																											
Tipo di intervento	Ristrutturazione integrale edificio con superficie utile superiore a 1000 m²																																																																																											
Periodo di applicazione	dal 01/01/2010																																																																																											
Classificazione edificio	Edificio adibito a residenza con carattere continuativo																																																																																											
Temperatura di progetto	20,0 °C																																																																																											
Numero unità abitative	62																																																																																											
Parametri climatici della località																																																																																												
Gradi giorno	2259 °C																																																																																											
Temperatura minima di progetto	-5,0 °C																																																																																											
Altitudine	54 m																																																																																											
Zona climatica	E																																																																																											
Giorni di riscaldamento	183																																																																																											
Velocità del vento	1,6 m/s																																																																																											
Zona di vento	1																																																																																											
Temperature medie mensili (°C)	<table><tr><td>GEN</td><td>FEB</td><td>MAR</td><td>APR</td><td>MAG</td><td>GIU</td><td>LUG</td><td>AGO</td><td>SET</td><td>OTT</td><td>NOV</td><td>DIC</td></tr><tr><td>2,1</td><td>4,6</td><td>9,4</td><td>14,2</td><td>18,2</td><td>22,9</td><td>25,4</td><td>24,9</td><td>21,2</td><td>14,9</td><td>8,7</td><td>4,0</td></tr></table>	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0																																																																			
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC																																																																																	
2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0																																																																																	
Irradiazioni medie mensili (MJ/m²)	<table><tr><td></td><td>GEN</td><td>FEB</td><td>MAR</td><td>APR</td><td>MAG</td><td>GIU</td><td>LUG</td><td>AGO</td><td>SET</td><td>OTT</td><td>NOV</td><td>DIC</td></tr><tr><td>Orizz.</td><td>4,5</td><td>7,9</td><td>12,1</td><td>17,3</td><td>21,0</td><td>23,6</td><td>25,6</td><td>21,0</td><td>15,4</td><td>9,9</td><td>5,3</td><td>4,1</td></tr><tr><td>S</td><td>7,4</td><td>10,7</td><td>11,6</td><td>11,2</td><td>10,2</td><td>10,0</td><td>11,1</td><td>12,0</td><td>12,9</td><td>12,4</td><td>8,5</td><td>7,2</td></tr><tr><td>SE/SO</td><td>5,8</td><td>9,0</td><td>11,0</td><td>12,6</td><td>12,7</td><td>13,1</td><td>14,7</td><td>14,3</td><td>13,1</td><td>10,7</td><td>6,8</td><td>5,7</td></tr><tr><td>E/O</td><td>3,5</td><td>6,1</td><td>8,8</td><td>11,9</td><td>13,8</td><td>15,2</td><td>16,8</td><td>14,3</td><td>11,1</td><td>7,6</td><td>4,2</td><td>3,3</td></tr><tr><td>NE/NO</td><td>1,8</td><td>3,2</td><td>5,4</td><td>8,5</td><td>11,1</td><td>12,8</td><td>13,6</td><td>10,5</td><td>7,0</td><td>4,1</td><td>2,1</td><td>1,6</td></tr><tr><td>N</td><td>1,7</td><td>2,5</td><td>3,8</td><td>5,5</td><td>7,9</td><td>9,7</td><td>9,5</td><td>6,6</td><td>4,3</td><td>3,0</td><td>1,9</td><td>1,5</td></tr></table>		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Orizz.	4,5	7,9	12,1	17,3	21,0	23,6	25,6	21,0	15,4	9,9	5,3	4,1	S	7,4	10,7	11,6	11,2	10,2	10,0	11,1	12,0	12,9	12,4	8,5	7,2	SE/SO	5,8	9,0	11,0	12,6	12,7	13,1	14,7	14,3	13,1	10,7	6,8	5,7	E/O	3,5	6,1	8,8	11,9	13,8	15,2	16,8	14,3	11,1	7,6	4,2	3,3	NE/NO	1,8	3,2	5,4	8,5	11,1	12,8	13,6	10,5	7,0	4,1	2,1	1,6	N	1,7	2,5	3,8	5,5	7,9	9,7	9,5	6,6	4,3	3,0	1,9	1,5
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC																																																																																
Orizz.	4,5	7,9	12,1	17,3	21,0	23,6	25,6	21,0	15,4	9,9	5,3	4,1																																																																																
S	7,4	10,7	11,6	11,2	10,2	10,0	11,1	12,0	12,9	12,4	8,5	7,2																																																																																
SE/SO	5,8	9,0	11,0	12,6	12,7	13,1	14,7	14,3	13,1	10,7	6,8	5,7																																																																																
E/O	3,5	6,1	8,8	11,9	13,8	15,2	16,8	14,3	11,1	7,6	4,2	3,3																																																																																
NE/NO	1,8	3,2	5,4	8,5	11,1	12,8	13,6	10,5	7,0	4,1	2,1	1,6																																																																																
N	1,7	2,5	3,8	5,5	7,9	9,7	9,5	6,6	4,3	3,0	1,9	1,5																																																																																
Latitudine	44°30'																																																																																											
Longitudine	11°21'																																																																																											
U.R. interna	65,0 %																																																																																											
Zona geografica	Italia Settentrionale Cispadana																																																																																											
Conduttività terreno	2,0 W/mK																																																																																											
Posizione edificio	Sito mediamente esposto (periferia)																																																																																											

**Dati tecnici e costruttivi  
dell'edificio e delle relative  
strutture**

	<b>Zona standard</b>
<b>Volume degli ambienti climatizzati al lordo delle strutture che li delimitano (V)</b>	19.114,568 m <sup>3</sup>
<b>Superficie esterna che delimita il volume (S)</b>	7.833,467 m <sup>2</sup>
<b>Rapporto S/V</b>	0,410 1/m
<b>Superficie utile</b>	5.352,584 m <sup>2</sup>
<b>Valore di progetto della temperatura interna</b>	20,0 °C
<b>Valore di progetto dell'umidità relativa interna</b>	65,0 %

**Dati impianto "Centrale termica"**

<b>Descrizione</b>					
<b>Marca-modello</b>	-				
<b>Tipologia</b>	Teleriscaldamento				
<b>Tipo di conduzione previsto</b>	<table> <tr> <td><b>Zona termica</b></td><td><b>Tipo conduzione</b></td></tr> <tr> <td>Zona standard</td><td>Continuo</td></tr> </table>	<b>Zona termica</b>	<b>Tipo conduzione</b>	Zona standard	Continuo
<b>Zona termica</b>	<b>Tipo conduzione</b>				
Zona standard	Continuo				
<b>Dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali</b>	°				

**Legenda**

Spess.	Spessore
Lambda	Conduttività termica
Cond.	Conduttanza termica
Perm-1e12	Permeabilità al vapore
Res.	Resistenza termica
Ag	Area del vetro
Af	Area del telaio
Lg	Lunghezza della superficie vetrata
Ug	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Uf	Trasmittanza termica del telaio
Psi	Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Uw	Trasmittanza termica totale del serramento
Ti	Temperatura interna
Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna
Pe	Pressione di vapore esterna
Tsi	Temperatura superficiale interna
fRsi,min	Fattore di temperatura di progetto in corrispondenza alla superficie interna
gc	Quantità di condensa
Ma	Quantità di condensa cumulativa

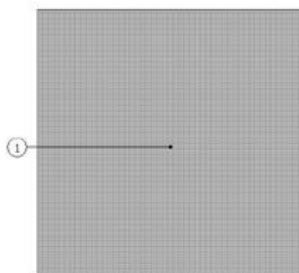
**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
cca 20cm ext**

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Calcstruzzo armato (con 2% di acciaio)	20,0	2,50	12,500	2.400	1,538	0,080
	Spessore totale	20,0					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	4,000	Resistenza termica totale	0,250

Struttura esterna che delimita locali non riscaldati	
Trasmittanza [W/m²K]:	4,000
Valore limite [W/m²K]:	0,800

**Massa superficiale:** 480,0 kg/m²

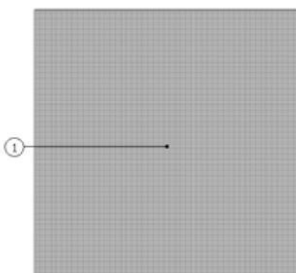

**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
cca 20cm int**

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Calcstruzzo armato (con 2% di acciaio)	20,0	2,50	12,500	2.400	1,538	0,080
	Spessore totale	20,0					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,130
Trasmittanza termica [W/m²K]	2,941	Resistenza termica totale	0,340

Struttura verticale interna	
Trasmittanza [W/m²K]:	2,941
Valore limite [W/m²K]:	0,340

**Massa superficiale:** 480,0 kg/m²



**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
cca 30cm ext**

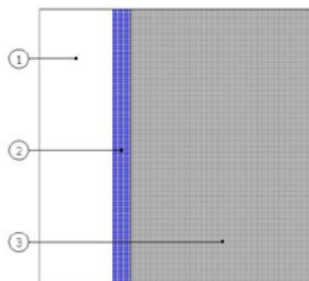
N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Gesso (1500 kg/m³)	8,0	0,56	7,000	1.500	20,000	0,143
2	Polistirene espanso estruso, senza pelle (30 kg/m³)	2,0	0,04	2,050	30	1,667	0,488
3	Calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	20,0	2,50	12,500	2.400	1,538	0,080
Spessore totale		30,0					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	1,135	Resistenza termica totale	0,881
Trasmittanza termica equivalente (comprensiva di aree oggetto di riduzione di spessore) [W/m²K]	1,361		

Struttura verticale esterna		
Trasmittanza [W/m²K]:		1,361
Valore limite [W/m²K]:		0,340

	Massa superficiale [kg/m²]	Sfasamento [h]	Smorzamento	Trasmittanza periodica [W/m²K]
Valori	600,6	9,6	0,3	0,308
Limiti	230,0	---	---	---

La struttura è utilizzata in una zona di categoria diversa da E6 o E8 ed in una zona climatica compresa tra A e E dove l'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione è maggiore di 290 W/m².


**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
tamponamento**

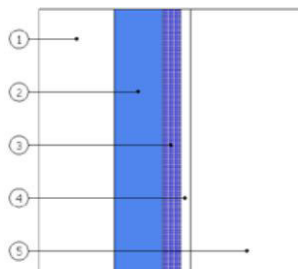
N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Gesso (1500 kg/m³)	8,0	0,56	7,000	1.500	20,000	0,143
2	Aria intercapedine flusso ascendente 50 mm	5,0	-	6,156	1	200,000	0,162
3	Polistirene espanso estruso, senza pelle (30 kg/m³)	2,0	0,04	2,050	30	1,667	0,488
4	Malta di gesso per intonaci (1200 kg/m³)	1,0	0,58	58,000	1.200	20,000	0,017
5	Mattoni per pareti esterne (800 kg/m³)	12,0	0,41	3,417	800	28,571	0,293
Spessore totale		28,0					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,786	Resistenza termica totale	1,272
Trasmittanza termica equivalente (comprensiva di aree oggetto di riduzione di spessore) [W/m²K]	3,378		

Struttura verticale esterna		
Trasmittanza [W/m²K]:		3,378
Valore limite [W/m²K]:		0,340

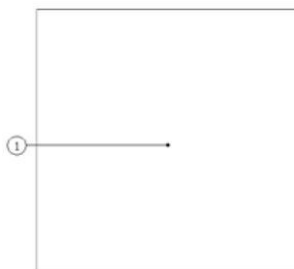
	Massa superficiale [kg/m²]	Sfasamento [h]	Smorzamento	Trasmittanza periodica [W/m²K]
Valori	216,7	7,7	0,5	0,356
Limiti	230,0	8,0	0,4	---

La struttura è utilizzata in una zona di categoria diversa da E6 o E8 ed in una zona climatica compresa tra A e E dove l'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione è maggiore di 290 W/m².

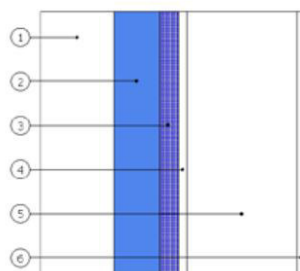


**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
tramezzo**

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Gesso (1500 kg/m³)	8,0	0,56	7,000	1.500	20,000	0,143
Spessore totale		8,0					
			Resistenza superficiale interna				0,130
			Resistenza superficiale esterna				0,130
Trasmittanza termica [W/m²K]		2,481	Resistenza termica totale				0,403
Struttura verticale interna							
Trasmittanza [W/m²K]:							2,481
Valore limite [W/m²K]:							0,340

**Massa superficiale:** 120,0 kg/m²**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
tamponamento intonacato**

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Gesso (1500 kg/m³)	8,0	0,56	7,000	1.500	20,000	0,143
2	Aria intercapedine flusso ascendente 50 mm	5,0	-	6,156	1	200,000	0,162
3	Polistirene espanso estruso, senza pelle (30 kg/m³)	2,0	0,04	2,050	30	1,667	0,488
4	Malta di gesso per intonaci (1200 kg/m³)	1,0	0,58	58,000	1.200	20,000	0,017
5	Mattoni per pareti esterne (800 kg/m³)	12,0	0,41	3,417	800	28,571	0,293
6	Malta di gesso per intonaci (1200 kg/m³)	1,0	0,58	58,000	1.200	20,000	0,017
Spessore totale		29,0					
			Resistenza superficiale interna				0,130
			Resistenza superficiale esterna				0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]		0,775	Resistenza termica totale				1,290
Struttura esterna che delimita locali non riscaldati							
Trasmittanza [W/m²K]:							0,775
Valore limite [W/m²K]:							0,800

**Massa superficiale:** 216,7 kg/m²



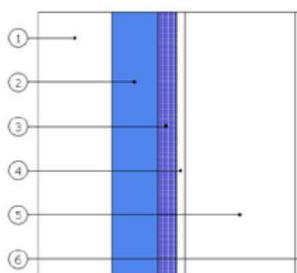
**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
tamponamento int**

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Gesso (1500 kg/m³)	8,0	0,56	7,000	1.500	20,000	0,143
2	Aria intercapedine flusso ascendente 50 mm	5,0	-	6,156	1	200,000	0,162
3	Polistirene espanso estruso, senza pelle (30 kg/m³)	2,0	0,04	2,050	30	1,667	0,488
4	Malta di gesso per intonaci (1200 kg/m³)	1,0	0,58	58,000	1.200	20,000	0,017
5	Mattoni per pareti esterne (800 kg/m³)	12,0	0,41	3,417	800	28,571	0,293
6	Malta di gesso per intonaci (1200 kg/m³)	1,0	0,58	58,000	1.200	20,000	0,017
Spessore totale		29,0					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,130
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,725	Resistenza termica totale	1,379

Struttura verticale interna	
Trasmittanza [W/m²K]:	0,725
Valore limite [W/m²K]:	0,340

**Massa superficiale:** 216,7 kg/m²

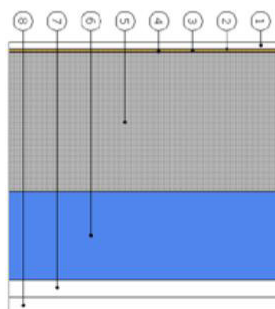

**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
solaio portico**

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Quercia (flusso perpendicolare alle fibre)	0,8	0,22	27,500	850	5,000	0,036
2	Silicone, mastice	0,1	0,50	500,000	1.450	0,040	0,002
3	Pannelli di sughero	0,2	0,05	22,500	130	8,000	0,044
4	Silicone, mastice	0,1	0,50	500,000	1.450	0,040	0,002
5	Calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	16,0	2,50	15,625	2.400	1,538	0,064
6	Aria intercapedine flusso orizzontale 100 mm	10,0	-	5,456	1	200,000	0,183
7	Fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche: pannelli semirigidi (40 kg/m³)	2,0	0,04	2,100	40	200,000	0,476
8	Cartongesso in lastre	2,0	0,21	10,500	900	25,000	0,095
Spessore totale		31,2					

	Resistenza superficiale interna	0,170
	Resistenza superficiale esterna	0,170
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,805	Resistenza termica totale
		1,242

Struttura orizzontale interna	
Trasmittanza [W/m²K]:	0,805
Valore limite [W/m²K]:	0,330

**Massa superficiale:** 412,9 kg/m²

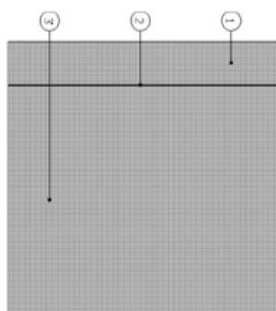


**Caratteristiche termiche e igrometriche:**  
**terra**

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Calcestruzzo (2000 kg/m³)	3,0	1,35	45,000	2.000	2,000	0,022
2	Cartone bitumato	0,1	0,23	230,000	1.100	0,080	0,004
3	Calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	16,0	2,50	15,625	2.400	1,538	0,064
Spessore totale		19,1					

		Resistenza superficiale interna	0,170
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	3,333	Resistenza termica totale	0,300

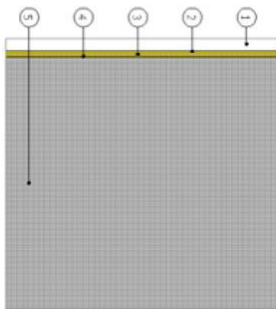
Struttura esterna che delimita locali non riscaldati		
Trasmittanza [W/m²K]:		3,333
Valore limite [W/m²K]:		0,800

**Massa superficiale:** 445,1 kg/m²

**Caratteristiche termiche e igrometriche:**  
**solaio tipo**

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Quercia (flusso perpendicolare alle fibre)	0,8	0,22	27,500	850	5,000	0,036
2	Silicone, mastice	0,1	0,50	500,000	1.450	0,040	0,002
3	Pannelli di sughero	0,2	0,05	22,500	130	8,000	0,044
4	Silicone, mastice	0,1	0,50	500,000	1.450	0,040	0,002
5	Calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	16,0	2,50	15,625	2.400	1,538	0,064
Spessore totale		17,2					

		Resistenza superficiale interna	0,100
		Resistenza superficiale esterna	0,100
Trasmittanza termica [W/m²K]	2,874	Resistenza termica totale	0,348

Struttura orizzontale interna		
Trasmittanza [W/m²K]:		2,874
Valore limite [W/m²K]:		0,330

**Massa superficiale:** 394,0 kg/m²


**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
copertura**

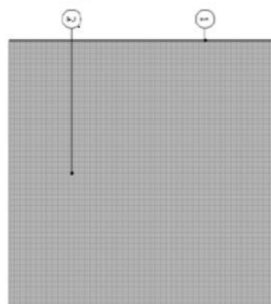
N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm·1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Cartone bitumato	0,1	0,23	230,000	1.100	0,080	0,004
2	Calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	16,0	2,50	15,625	2.400	1,538	0,064
Spessore totale		16,1					

		Resistenza superficiale interna	0,100
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	4,808	Resistenza termica totale	0,208

Struttura orizzontale esterna		
Trasmittanza [W/m²K]:		4,808
Valore limite [W/m²K]:		0,300

	Massa superficiale [kg/m²]	Sfasamento [h]	Smorzamento	Trasmittanza periodica [W/m²K]
Valori	385,1	4,0	0,7	3,308
Limiti	230,0	---	---	---

La struttura è utilizzata in una zona di categoria diversa da E6 o E8 ed in una zona climatica compresa tra A e E dove l'irradiazione, sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione è maggiore di 290 W/m².

**Caratteristiche termiche delle vetrate**

Descrizione	Ug [W/m²K]	Ug lim [W/m²K]
vetro apribile	5,780	1,700

**Caratteristiche termiche dei componenti finestrati**

Descrizione	Ag [m²]	Af [m²]	Lg [m]	Ug [W/m²K]	Uf [W/m²K]	Psi [W/mK]	Uw [W/m²K]	Lim. [W/m²K]
75x250	1,210	0,665	6,600	5,780	5,900	0,000	5,823	2,200
95x250 2 ante	1,210	1,165	11,000	5,780	5,900	0,000	5,839	2,200
95x250	1,650	0,725	7,400	5,780	5,900	0,000	5,817	2,200
115x250 2 ante	1,650	1,225	11,800	5,780	5,900	0,000	5,831	2,200
75x133	0,622	0,376	3,360	5,780	5,900	0,000	5,825	2,200
65x133	0,509	0,355	3,160	5,780	5,900	0,000	5,829	2,200

**Legenda**

Ag	Area del vetro
Af	Area del telaio
Lg	Lunghezza della superficie vetrata
Ug	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Uf	Trasmittanza termica del telaio
Psi	Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Uw	Trasmittanza termica totale del serramento

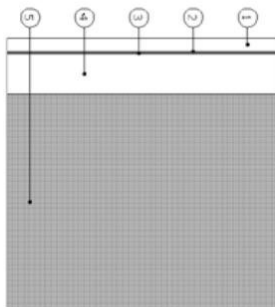
**Classe di permeabilità dei serramenti:**

**Caratteristiche termiche e igrometriche:  
sottotetto**

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spess. [cm]	Lambda [W/mK]	Cond. [W/m²K]	Densità [kg/m³]	Perm-1e12 [kg/msPa]	Res. [m²K/W]
1	Piastrelle in ceramica	1,0	1,30	130,000	2.300	0,000	0,008
2	Silicone, mastice	0,1	0,50	500,000	1.450	0,040	0,002
3	Cartone bitumato	0,1	0,23	230,000	1.100	0,080	0,004
4	Fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche: pannelli semirigidi (40 kg/m³)	3,0	0,04	1,400	40	200,000	0,714
5	Calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	16,0	2,50	15,625	2.400	1,538	0,064
Spessore totale		20,2					

		Resistenza superficiale interna	0,100
		Resistenza superficiale esterna	0,100
Trasmittanza termica [W/m²K]	1,008	Resistenza termica totale	0,992

Struttura orizzontale interna	
Trasmittanza [W/m²K]:	1,008
Valore limite [W/m²K]:	0,330

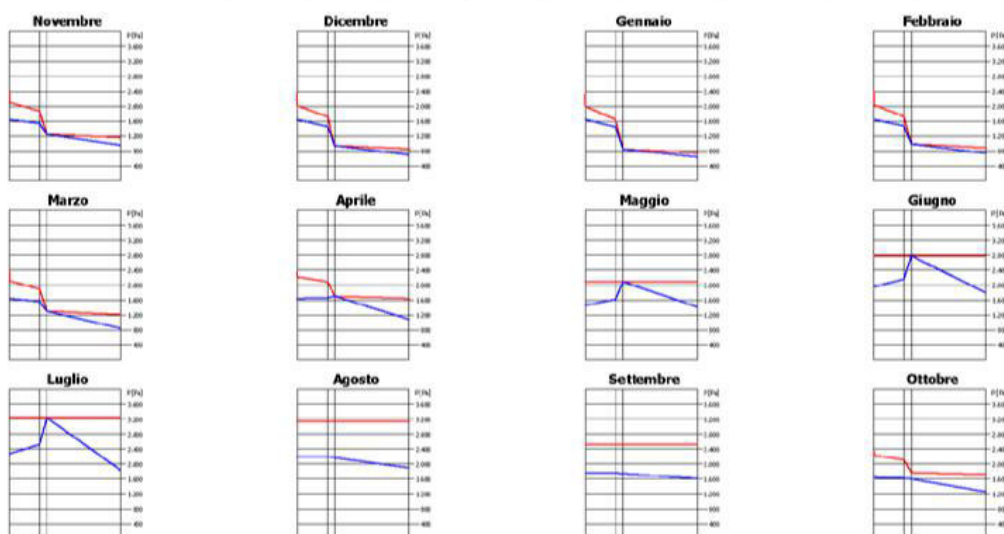
**Massa superficiale:** 410,8 kg/m²


## 2. Analisi preliminari sullo stato di fatto

### Verifica termoigrometrica cca 30cm ext

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Mu	Spess. [cm]	Res. [m²K/W]
1	Gesso (1500 kg/m³)	10	8,0	0,143
2	Polistirene espanso estruso, senza pelle (30 kg/m³)	120	2,0	0,488
3	Calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	130	20,0	0,080
Resistenza superficiale interna				0,130
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale				0,881

Mese	Ti[°C]	Pi[Pa]	Te[°C]	Pe[Pa]	Tsi[°C]	Tsi,min[°C]	fRsi,min	g	c[kg/m³]	Ma[kg/m²]
Novembre	20,0	1.636	8,7	956	18,3	17,9	0,8107	0,05717	0,05717	
Dicembre	20,0	1.636	4,0	700	17,6	17,9	0,8663	0,11038	0,16753	
Gennaio	20,0	1.636	2,1	636	17,4	17,9	0,8805	0,12824	0,29578	
Febbraio	20,0	1.636	4,6	736	17,7	17,9	0,8611	0,09450	0,39028	
Marzo	20,0	1.636	9,4	847	18,4	17,9	0,7982	0,04718	0,43746	
Aprile	20,0	1.636	14,2	1.084	19,1	17,9	0,6312	-0,02327	0,41419	
Maggio	18,2	1.462	18,2	1.418	18,2	16,1	---	-0,11873	0,29546	
Giugno	22,9	1.954	22,9	1.806	22,9	20,7	---	-0,15527	0,14018	
Luglio	25,4	2.269	25,4	1.835	25,4	23,2	---	-0,14018	0,00000	
Agosto	24,9	2.203	24,9	1.904	24,9	22,7	---	0,00000	0,00000	
Settembre	21,2	1.761	21,2	1.611	21,2	19,0	---	0,00000	0,00000	
Ottobre	20,0	1.636	14,9	1.261	19,2	17,9	0,5605	0,00000	0,00000	



fRsi struttura: 0,8524

La struttura è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.

La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

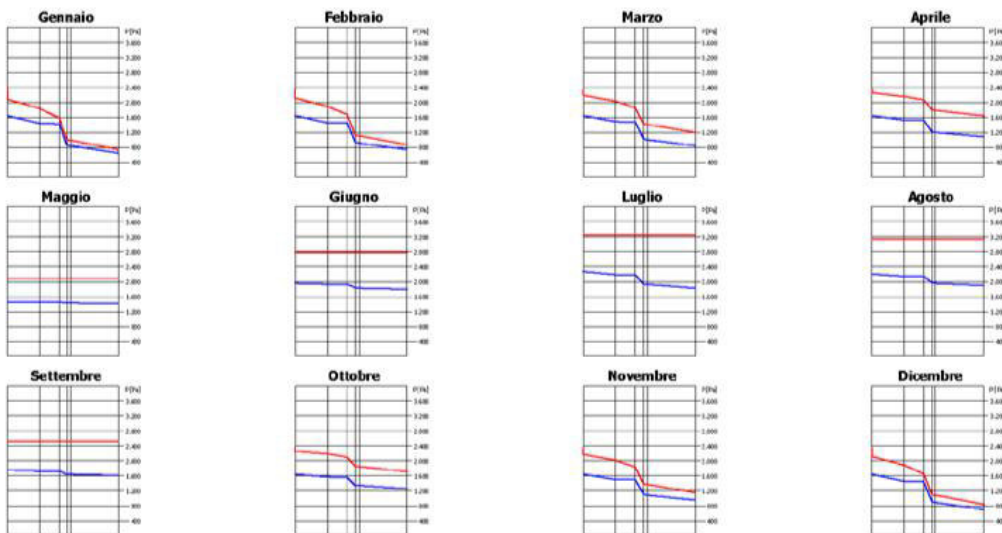
La quantità di condensa massima (a marzo) è di 0,43746 kg/m².

La condensa evapora completamente nei mesi successivi.

**Verifica termoigrometrica  
tamponamento**

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Mu	Spess. [cm]	Res. [m²K/W]
1	Gesso (1500 kg/m³)	10	8,0	0,143
2	Aria intercapedine flusso ascendente 50 mm	1	5,0	0,162
3	Polistirene espanso estruso, senza pelle (30 kg/m³)	120	2,0	0,488
4	Malta di gesso per intonaci (1200 kg/m³)	10	1,0	0,017
5	Mattoni per pareti esterne (800 kg/m³)	7	12,0	0,293
Resistenza superficiale interna				0,130
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale				28,0

Mese	Ti[°C]	Pi[Pa]	Te[°C]	Pe[Pa]	Tsi[°C]	Tsi,min[°C]	fRsi,min	g	c[kg/m³]	Ma[kg/m³]
Gennaio	20,0	1.636	2,1	636	18,2	17,9	0,8805	0,00000	0,00000	0,00000
Febbraio	20,0	1.636	4,6	736	18,4	17,9	0,8611	0,00000	0,00000	0,00000
Marzo	20,0	1.636	9,4	847	18,9	17,9	0,7982	0,00000	0,00000	0,00000
Aprile	20,0	1.636	14,2	1.084	19,4	17,9	0,6312	0,00000	0,00000	0,00000
Maggio	18,2	1.462	18,2	1.418	18,2	16,1	---	0,00000	0,00000	0,00000
Giugno	22,9	1.954	22,9	1.806	22,9	20,7	---	0,00000	0,00000	0,00000
Luglio	25,4	2.269	25,4	1.835	25,4	23,2	---	0,00000	0,00000	0,00000
Agosto	24,9	2.203	24,9	1.904	24,9	22,7	---	0,00000	0,00000	0,00000
Settembre	21,2	1.761	21,2	1.611	21,2	19,0	---	0,00000	0,00000	0,00000
Ottobre	20,0	1.636	14,9	1.261	19,5	17,9	0,5605	0,00000	0,00000	0,00000
Novembre	20,0	1.636	8,7	956	18,8	17,9	0,8107	0,00000	0,00000	0,00000
Dicembre	20,0	1.636	4,0	700	18,4	17,9	0,8663	0,00000	0,00000	0,00000



fRsi struttura: 0,8979

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

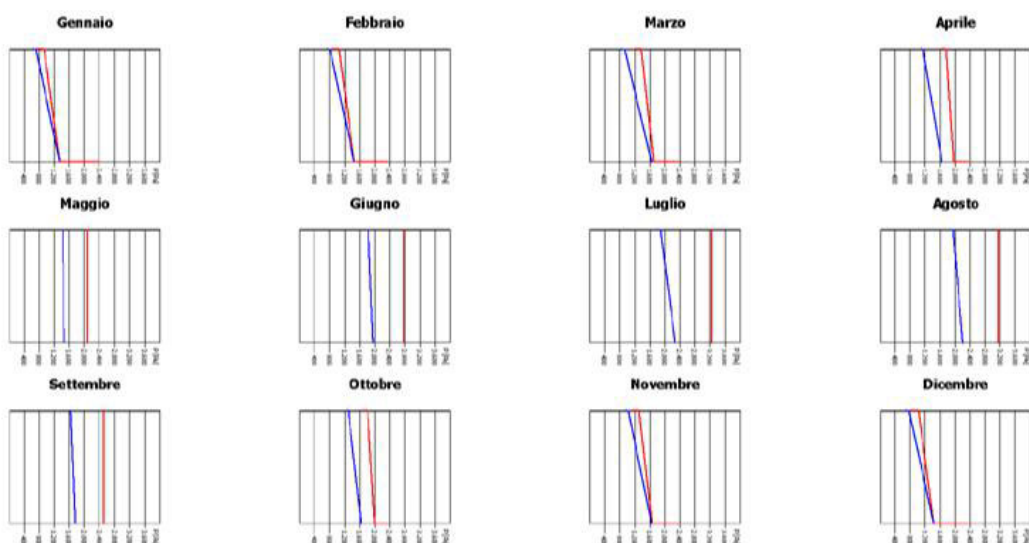


## 2. Analisi preliminari sullo stato di fatto

### Verifica termoigrometrica copertura

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Mu	Spess. [cm]	Res. [m²K/W]
1	Cartone bitumato	2.500	0,1	0.004
2	Calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	130	16,0	0.064
Resistenza superficiale interna				0.100
Resistenza superficiale esterna				0.040
Totale				0.208

Mese	Ti[°C]	Pi[Pa]	Te[°C]	Pe[Pa]	Tsi[°C]	Tsi,min[°C]	fRsi,min	g	c[kg/m³]	Ma[kg/m³]
Gennaio	20,0	1.347	2,1	636	11,4	14,8	0,7100	0,00000	0,00000	0,00000
Febbraio	20,0	1.458	4,6	736	12,6	16,0	0,7431	0,00000	0,00000	0,00000
Marzo	20,0	1.636	9,4	847	14,9	17,9	0,7982	0,00000	0,00000	0,00000
Aprile	20,0	1.636	14,2	1.084	17,2	17,9	0,6312	0,00000	0,00000	0,00000
Maggio	18,2	1.462	18,2	1.413	18,2	16,1	---	0,00000	0,00000	0,00000
Giugno	22,9	1.954	22,9	1.806	22,9	20,7	---	0,00000	0,00000	0,00000
Luglio	25,4	2.269	25,4	1.835	25,4	23,2	---	0,00000	0,00000	0,00000
Agosto	24,9	2.203	24,9	1.904	24,9	22,7	---	0,00000	0,00000	0,00000
Settembre	21,2	1.761	21,2	1.611	21,2	19,0	---	0,00000	0,00000	0,00000
Ottobre	20,0	1.636	14,9	1.261	17,5	17,9	0,5805	0,00000	0,00000	0,00000
Novembre	20,0	1.636	8,7	956	14,6	17,9	0,8107	0,00000	0,00000	0,00000
Dicembre	20,0	1.431	4,0	700	12,3	15,7	0,7342	0,00000	0,00000	0,00000



fRsi struttura: 0,5192

La struttura è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

<b>Rendimenti</b>	Rendimento di produzione	100,00 %
	Rendimento di regolazione	94,00 %
	Rendimento di distribuzione	92,50 %
	Rendimento di emissione	95,00 %
<b>Rendimento globale medio stagionale</b>	Valore di progetto	82,9 %
	Valore minimo imposto	---
<b>Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale</b>	Metodo di calcolo utilizzato	UNI/TS 11300
	Valore di progetto	126,454 kWh/m²
	Valore limite	53,236 kWh/m²
<b>Indice di prestazione energetica normalizzato per la climatizzazione invernale</b>	Fabbisogno di energia elettrica	0,000 kWh
	Valore di progetto	54,867 kJ/m²GG
<b>Indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria</b>		

**Zona standard****Rendimento** 82,9 %**Rendimento limite** -INF %**Risultato** Rendimento verificato**EPI** 126,454 kWh/m²**EPI limite** 53,236 kWh/m²**Risultato** EPI NON verificato

L'E<sub>P</sub>tot (142,714 kWh/m²) è superiore al valore limite (53,236 kWh/m²)  
 Il rapporto tra superficie trasparente complessiva e superficie utile è inferiore al 18%  
 Alcune strutture dell'edificio hanno trasmittanza superiore al limite  
 L'edificio è realizzato in zona C, D, E o F. Alcune trasmittanze dei divisori tra alloggi o unità immobiliari confinanti o delle pareti esterne dei locali non riscaldati sono superiori al limite di 0,8 W/m²K  
 Si verificano condensazioni superficiali o interstiziali nelle pareti opache  
 L'edificio è realizzato in zona A, B, C, D o E in località con valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione maggiore o uguale a 290,0 W/m². La massa superficiale delle pareti opache è inferiore a 230 kg/m²  
 In ogni locale a caratteristiche termiche uniformi sono installati dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente  
 L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta dall'utenza per la produzione di acqua calda sanitaria  
 Non vengono utilizzate fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica

**Zona verificata** No**Dati zona termica [kWh]**

Mese	QL	QI	Qsi	Qse	QH	Qw	Q
Ottobre	30.381	551	17.256	4.690	10.180	6.271	12.062
Novembre	109.725	972	19.077	5.051	84.682	6.068	102.054
Dicembre	157.337	1.004	16.139	4.238	135.963	6.271	164.120
Gennaio	175.106	1.004	16.960	4.466	152.681	6.271	184.360
Febbraio	137.043	907	23.855	6.422	105.927	5.664	127.805
Marzo	106.836	1.004	33.441	9.281	63.872	6.271	76.845
Aprile	29.974	486	19.425	5.561	8.130	6.068	9.611

**Verifica trasmittanza****Trasmittanza strutture edificio  
[W/m²K]**

Struttura	U	U*	Limite
cca 20cm ext	4,000	4,000	0,800
cca 20cm int	2,941	2,941	0,340
cca 30cm ext	1,361	1,361	0,340
tamponamento	3,378	3,378	0,340
tramezzo	2,481	2,481	0,340
tamponamento intonacato	0,775	0,775	0,800

Struttura	U	U*	Limite
tamponamento int	0,725	0,725	0,340
solaio portico	0,805	0,805	0,330
terra	3,333	3,333	0,800
solaio tipo	2,874	2,874	0,330
sottotetto	1,008	1,008	0,330
copertura	4,808	4,808	0,300
75x250	5,823	---	2,200
95x250 2 ante	5,839	---	2,200
95x250	5,817	---	2,200
115x250 2 ante	5,831	---	2,200
75x133	5,825	---	2,200
65x133	5,829	---	2,200



**Verifica termoigrometrica****cca 30cm ext**

Mese	Ti[°C]	Pi[Pa]	Te[°C]	Pe[Pa]	Tsi[°C]	fRsi,min	gc[kg/m²]	Ma[ kg/m³]
Novembre	20,0	1.636	8,7	956	18,3	0,8107	0,05717	0,05717
Dicembre	20,0	1.636	4,0	700	17,6	0,8663	0,11036	0,16753
Gennaio	20,0	1.636	2,1	636	17,4	0,8805	0,12824	0,29578
Febbraio	20,0	1.636	4,6	736	17,7	0,8611	0,09450	0,39028
Marzo	20,0	1.636	9,4	847	18,4	0,7982	0,04718	0,43746
Aprile	20,0	1.636	14,2	1.084	19,1	0,6312	-0,02327	0,41419
Maggio	18,2	1.462	18,2	1.418	18,2	---	-0,11873	0,29546
Giugno	22,9	1.954	22,9	1.806	22,9	---	-0,15527	0,14018
Luglio	25,4	2.269	25,4	1.835	25,4	---	-0,14018	0,00000
Agosto	24,9	2.203	24,9	1.904	24,9	---	0,00000	0,00000
Settembre	21,2	1.761	21,2	1.611	21,2	---	0,00000	0,00000
Ottobre	20,0	1.636	14,9	1.261	19,2	0,5805	0,00000	0,00000

Struttura non verificata

**tamponamento**

Mese	Ti[°C]	Pi[Pa]	Te[°C]	Pe[Pa]	Tsi[°C]	fRsi,min	gc[kg/m²]	Ma[ kg/m³]
Gennaio	20,0	1.636	2,1	636	18,2	0,8805	0,00000	0,00000
Febbraio	20,0	1.636	4,6	736	18,4	0,8611	0,00000	0,00000
Marzo	20,0	1.636	9,4	847	18,9	0,7982	0,00000	0,00000
Aprile	20,0	1.636	14,2	1.084	19,4	0,6312	0,00000	0,00000
Maggio	18,2	1.462	18,2	1.418	18,2	---	0,00000	0,00000
Giugno	22,9	1.954	22,9	1.806	22,9	---	0,00000	0,00000
Luglio	25,4	2.269	25,4	1.835	25,4	---	0,00000	0,00000
Agosto	24,9	2.203	24,9	1.904	24,9	---	0,00000	0,00000
Settembre	21,2	1.761	21,2	1.611	21,2	---	0,00000	0,00000
Ottobre	20,0	1.636	14,9	1.261	19,5	0,5805	0,00000	0,00000
Novembre	20,0	1.636	8,7	956	18,8	0,8107	0,00000	0,00000
Dicembre	20,0	1.636	4,0	700	18,4	0,8663	0,00000	0,00000

Struttura verificata

**copertura**

Mese	Ti[°C]	Pi[Pa]	Te[°C]	Pe[Pa]	Tsi[°C]	fRsi,min	gc[kg/m²]	Ma[ kg/m³]
Gennaio	20,0	1.347	2,1	636	11,4	0,7100	0,00000	0,00000
Febbraio	20,0	1.458	4,6	736	12,6	0,7431	0,00000	0,00000
Marzo	20,0	1.636	9,4	847	14,9	0,7982	0,00000	0,00000
Aprile	20,0	1.636	14,2	1.084	17,2	0,6312	0,00000	0,00000
Maggio	18,2	1.462	18,2	1.418	18,2	---	0,00000	0,00000
Giugno	22,9	1.954	22,9	1.806	22,9	---	0,00000	0,00000
Luglio	25,4	2.269	25,4	1.835	25,4	---	0,00000	0,00000
Agosto	24,9	2.203	24,9	1.904	24,9	---	0,00000	0,00000
Settembre	21,2	1.761	21,2	1.611	21,2	---	0,00000	0,00000
Ottobre	20,0	1.636	14,9	1.261	17,5	0,5805	0,00000	0,00000
Novembre	20,0	1.636	8,7	956	14,6	0,8107	0,00000	0,00000
Dicembre	20,0	1.431	4,0	700	12,3	0,7342	0,00000	0,00000

Struttura non verificata

**Masse superficiali pareti edificio [kg/m²]**

Parete	Masse	Limite	Verificato
cca 20cm ext	480,0	230,0	Si
cca 20cm int	480,0	---	---
cca 30cm ext	600,6	230,0	Si
tamponamento	216,7	230,0	No
tramezzo	120,0	---	---
tamponamento intonacato	216,7	230,0	No
tamponamento int	216,7	---	---
solaio portico	412,9	---	---
terra	445,1	230,0	Si
solaio tipo	394,0	---	---
sottotetto	410,8	---	---
copertura	385,1	230,0	Si

**Fabbisogno energetico utile****Riscaldamento**

Mese	Qht [kWh]	Qint [kWh]	Qsol,i [kWh]	Qsol,e [kWh]	Gamma	fu	Qh [kWh]
Ottobre	30.380,746	550,800	17.255,503	4.689,637	0,740	0,898	10.180,177
Novembre	109.725,170	972,000	19.076,935	5.050,510	0,229	0,998	84.682,209
Dicembre	157.337,146	1.004,400	16.138,942	4.237,824	0,136	1,000	135.962,842
Gennaio	175.105,974	1.004,400	16.960,072	4.465,796	0,128	1,000	152.681,455
Febbraio	137.042,782	907,200	23.854,815	6.422,144	0,228	0,998	105.927,462
Marzo	106.836,266	1.004,400	33.441,390	9.281,081	0,409	0,983	63.871,515
Aprile	29.974,159	486,000	19.425,225	5.560,964	0,850	0,858	8.130,488
Totale:							561.436,146

**Raffrescamento**

Mese	Qht [kWh]	Qint [kWh]	Qsol,i [kWh]	Qsol,e [kWh]	Gamma	fu	Qc [kWh]
Maggio	20.813,064	259,200	11.610,731	3.361,211	0,732	0,720	237,313
Giugno	35.512,407	972,000	47.672,546	13.838,303	1,759	0,998	27.053,193
Luglio	13.316,117	1.004,400	53.007,546	15.479,204	5,219	1,000	56.175,035
Agosto	17.992,124	1.004,400	46.435,866	13.430,159	3,383	1,000	42.878,461
Settembre	28.842,189	550,800	21.631,731	6.100,283	0,981	0,893	2.516,944
Totale:							128.860,946

**Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento**

Mese	Qh [kWh]	Qh' [kWh]	etae [%]	etac [%]	etad [%]	etap [%]	etag [%]	Qp [kWh]
Ottobre	10.180,177	9.963,321	95,000	94,000	92,500	100,000	84,400	12.061,767
Novembre	84.682,209	84.299,522	95,000	94,000	92,500	100,000	82,977	102.054,444
Dicembre	135.962,842	135.567,399	95,000	94,000	92,500	100,000	82,843	164.120,213
Gennaio	152.681,455	152.286,012	95,000	94,000	92,500	100,000	82,817	184.360,052
Febbraio	105.927,462	105.570,287	95,000	94,000	92,500	100,000	82,882	127.805,196
Marzo	63.871,515	63.478,071	95,000	94,000	92,500	100,000	83,117	76.845,218
Aprile	8.130,488	7.939,144	95,000	94,000	92,500	100,000	84,593	9.611,264
Totale	561.436,146	559.101,756	95,000	94,000	92,500	100,000	82,947	676.858,153

**Legenda**

Qht: energia scambiata per trasmissione e ventilazione  
 Qint: energia da apporti gratuiti interni  
 Qsol,i: energia da apporti solari interni (superfici trasparenti)  
 Qsol,e: energia da apporti solari esterni (superfici opache)  
 Gamma: rapporto tra apporti interni e energia scambiata per trasmissione e ventilazione  
 fu: fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti  
 Qh: fabbisogno energetico utile per il riscaldamento  
 Qh': fabbisogno energetico utile per il riscaldamento al netto dei recuperi  
 Qc: fabbisogno energetico utile per il raffrescamento  
 etae: rendimento di emissione  
 etac: rendimento di regolazione  
 etad: rendimento di distribuzione  
 etap: rendimento di produzione  
 etag: rendimento globale  
 Qp: fabbisogno di energia primaria

Dai dati precedenti si evince che il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento invernale risulta essere pari a 676.858,153 kWh. Da questo valore è possibile ricavare l'indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale fornito dal rapporto:

$$E_{pi} = \frac{Q_p}{S_{u.}}$$

dove  $Q_p$  indica il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento invernale e  $S_{u.}$  è la superficie utile dell'edificio che in questo caso risulta pari a 5.352,584 mq.

Ne deriva quindi che l'indice di prestazione energetica relativo all'edificio nel suo complesso è pari a:

$$E_{pi} = \frac{676.858,153}{5.352,584} = 126,454 \text{ kWh/mq}$$

Questo dato risulta di molto superiore al valore limite calcolato per il fabbricato relativamente ai suoi dati climatici che risulta di 53,236 kWh/mq. Per effettuare la classificazione energetica dell'edificio è necessario inoltre considerare l'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria che dal calcolo risulta essere pari a 16,259 kWh/mq. Risulta quindi:

$$E_{ptot} = E_{pi} + E_{pacs} = 126,454 + 16,259 = 142,714 \text{ kWh/mq}$$

Secondo i parametri della vigente normativa ogni torre si colloca quindi nella classe energetica E come indicato nel prospetto di Figura 2.31 .

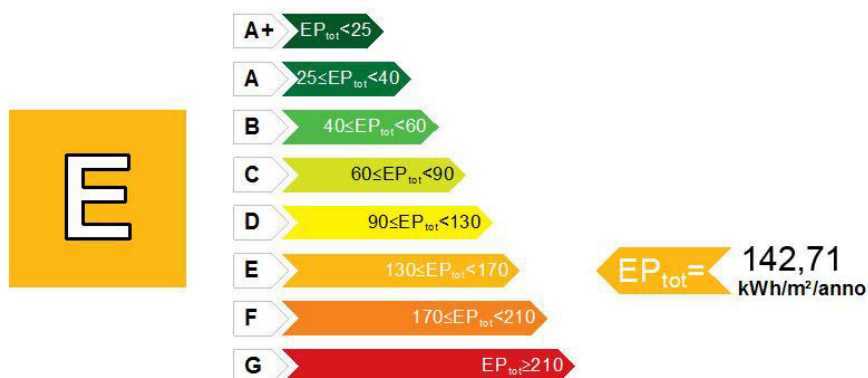


Figura 2.31: Targa energetica relativa allo stato di fatto

Dal valore ottenuto del consumo medio annuo unitario è possibile ricavare il consumo totale di energia di ciascuna torre.

$$Q_{ptot} = E_{ptot} \cdot S.u. = 142,714 \cdot 5.352,584 = 763.888,673 \text{ kW}$$

### 3. Calcolo della convenienza economica

L'idea innovativa alla base del progetto consiste nella realizzazione di interventi sul tessuto edilizio esistente, attraverso interventi di riqualificazione energetica ed architettonica accompagnati e supportati dalla realizzazione di nuove addizioni a quest'ultimo, tali da poter essere immesse sul mercato e che, grazie alla loro vendita, possano coprire i costi sostenuti per la riqualificazione dell'esistente, riducendo in questo modo i tempi di rientro degli investimenti.

Al fine di selezionare le scelte migliori di intervento relativamente alla opere di riqualificazione e a quelle di realizzazione delle addizioni, che garantissero una sensibile riduzione del periodo di ammortamento delle spese sostenute, è stato necessario innanzi tutto proporre un ventaglio di opzioni possibili e su questo effettuare un primo calcolo di massima della convenienza economica di tali operazioni.

Sono stati quindi analizzati diversi scenari, che prevedevano, oltre agli interventi di riqualificazione sull'esistente, tempi di rientro dell'investimento diversi, e tipologie di addizione diverse, e tra tutte le varie opzioni, una volta effettuate le valutazioni del caso, è stata individuata quella che comportava il maggior guadagno in termini economici, di tempo e di prestazioni e qualità raggiunti.

Si procede quindi con l'illustrazione dei calcoli e delle valutazioni svolte.

Si consideri innanzi tutto che l'edificio alle condizioni attuali, senza che siano stati effettuati lavori di ristrutturazione che comportino un miglioramento delle prestazioni energetiche, presenta in indice di prestazione energetica Epi di 143 kWh/mq\*anno (termici), come evidenziato nei capitoli precedenti.

Sapendo poi che l'edificio esistente ha una metratura complessiva delle aree riscaldate di circa 5353 mq, nel complesso per l'edificio si presume indicativamente un consumo annuale complessivo di 765458 kWh/anno (termici):

$$\text{Consumo complessivo} = \text{metratura aree riscaldate} \cdot \text{Epi}$$

$$\text{Consumo complessivo} = 5353 \cdot 143 = 765458 \text{ kWh/anno}$$

Tenendo poi in considerazione della necessità di un maggior apporto di energia necessario per compensare eventuali perdite in seguito alla riduzione delle prestazioni delle caldaie di circa un 20%, il fabbisogno energetico dell'edificio complessivo è di 956823 kWh/anno (termici).

Considerando infine che 1 mc di gas produce circa 10 kWh ed il costo di 1 mc di gas è in media di 0,9 €, nel complesso il costo per il riscaldamento e per l'acqua sanitaria indicativo, relativo a ciascuna torre nel suo complesso è di 86114 € annuali.

Dati i valori degli indici di prestazione energetica e dei consumi sopra menzionati, è stata riscontrata la necessità di un intervento di riqualificazione dell'edificio esistente, al fine di ridurre i consumi e di adeguare l'edificio stesso alle recenti normative.

Come primo intervento di riqualificazione si prevede pertanto la realizzazione di un sistema a cappotto, realizzato tramite l'applicazione esterna di uno strato di isolante di polistirene, che risulta essere l'intervento più efficace per la riduzione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale.

Inoltre si prevede anche la rimozione degli infissi attualmente installati, che sono realizzati in alluminio senza taglio termico e con vetro monostrato, e la loro sostituzione con infissi in alluminio con taglio termico e tripla camera.

Valutando quindi gli interventi previsti ed il loro valore approssimativo, per un intervento di ristrutturazione dell'edificio esistente al fine di portarlo ad energia quasi zero, si ipotizza un costo medio delle opere intorno ai 500 €/mq di superficie lorda, pertanto l'intervento nel complesso si ipotizza che avrebbe un importo complessivo attorno ai 3900000 € a torre.

$$\text{Costo opere di riqualificazione} = \text{costo al mq} \cdot \text{mq} = 500 \cdot 7833 = 3916734 \text{ €}$$

Conoscendo quindi l'importo annuale dei costi per il riscaldamento e l'acqua sanitaria, e conoscendo il costo approssimativo degli interventi di riqualificazione energetica, è possibile stabilire approssimativamente i tempi di rientro dei costi sostenuti per la riqualificazione, facendo il rapporto tra il valore dei consumi annuali e l'importo dei lavori, che nel caso oggetto di studio, questi sarebbero di ben 45 anni:

$$tR = \frac{\text{Investimento iniziale}}{\text{Risparmio Annuale}} = \frac{3916734}{86114} = 45 \text{ anni}$$

Dato quindi il lungo orizzonte di rientro delle spese, e dato anche l'importo stesso di queste, aggiunte alle difficoltà che necessariamente si riscontrano durante le ristrutturazioni (sia progettuali che pratiche all'atto del cantiere) spesso i proprietari degli edifici, risultano reticenti e disinteressati ad effettuare di propria iniziativa interventi del genere.

E' quindi per i motivi summenzionati che in linea generale un intervento di semplice riqualificazione energetica difficilmente viene attuato, nonostante l'elevato numero di edifici bisognosi di interventi.

Come soluzione pertanto al problema si ipotizza la realizzazione di un nuovo edificio di servizio, che generi nuovo valore immobiliare.

Grazie infatti alla realizzazione e successiva commercializzazione delle metrature del nuovo edificio, si possono ridurre notevolmente i tempi di rientro dei costi di riqualificazione energetica ed architettonica anche dell'esistente.

Prevedendo quindi la realizzazione di un edificio di servizio, è necessario innanzi tutto valutare quanti metri quadrati di nuove superfici sono necessarie al fine di ridurre al minimo i tempi di ammortizzamento.

I tempi di rientro nel caso di un intervento come quello sopra menzionato si calcolano tramite la seguente formula:

$$tR = \frac{(Costi\ ristruttur.+Costi\ costruz.nuovo*metri\ sup.-Valore\ di\ mercato\ del\ nuovo*metri\ sup.)}{Risparmio\ annuale}$$

Stabilendo quindi a priori i tempi di rientro voluti, è possibile quindi definire i mq necessari per raggiungere il risultato voluto, effettuando l'inversa della formula precedente.

Al fine di ottenere un ulteriore vantaggio dall'intervento di riqualificazione, si prevede anche l'installazione di pannelli fotovoltaici, che permettono non solo di rendere l'edificio a consumo quasi zero, coprendo il fabbisogno di energia che esso stesso richiede, ma anche di ottenere un guadagno dalla vendita dell'energia prodotta in eccesso dall'impianto.

Ipotizzando quindi l'installazione di pannelli fotovoltaici monocristallini, necessari a soddisfare il fabbisogno di energia elettrica dell'intero edificio esistente e dell'ampliamento, per il riscaldamento, l'acqua sanitaria ed il funzionamento degli elettrodomestici, si ipotizza una spesa complessiva di circa 796000 €.

Nel calcolo complessivo dei tempi di rientro necessariamente anche il costo della realizzazione dell'impianto deve comparire tra le spese sostenute.

Sulla base delle summenzionate valutazioni economiche sono quindi stati sviluppati diversi scenari, a seconda dei tempi di rientro dei costi voluti ed a seconda del tipo di intervento attuato.

Un primo scenario prevedeva il rientro dei costi in zero anni, ovvero il rientro delle spese di riqualificazione energetica ed architettonica e di quelle per l'installazione dei pannelli fotovoltaici immediatamente.

Il secondo scenario invece prevedeva tempi di rientro più dilazionati (5 anni).

Nel caso di tempo di rientro ridotto a zero i valori ottenuti come riferimento per la progettazione sono i seguenti:

EDIFICIO ESISTENTE E FABBISOGNI		
Superficie complessiva edificio (sagoma attacco a terra)	7833,467	mq
Superficie utile riscaldata	5352,854	mq
Consumo previsto annuale	143	kWh/mq*anno (termici)
Consumo complessivo edificio	765458	Kwh/anno (termici)
Riduzione rendimento caldaia a gas	0,8	
Fabbisogno reale dell'intero edificio	956823	Kwh/anno (termici)
1 mc di gas produce circa	10	kWh
1 mc di gas costa circa	0,9	€
Costo complessivo per riscaldamento e acqua sanitaria	86114	€/anno
IPOTESI RISTRUTTURAZIONE		
Costi di ristrutturazione per portare l'edificio ad energia quasi zero	500	€/mq
Costi complessivi di ristrutturazione (ho considerato i mq complessivi dell'edificio)	3916734	€
Tempo di rientro dell'investimento (ristrutturazione energetica)	45	anni
IPOTESI INSTALLAZIONE PANNELLI PV MONOCRISTALLINI		
Costo complessivo installazione PV monocristallino	796000	€
IPOTESI INCREMENTO VOLUMETRICO		
Costi di costruzione nuove costruzioni	1500	€/mq
Prezzo di vendita nuove costruzioni	3000	€/mq
CALCOLO MQ MINIMI DI AMPLIAMENTO IN RELAZIONE AI TEMPI DI RIENTRO RICHIESTI		
Tempi di rientro dei costi dell'ampliamento richiesti	0	anni
Calcolo mq complessivi di ampliamento necessari per il rientro degli investimenti entro i tempi	3142	mq
POSSIBILI SOLUZIONI PROGETTUALI DI AMPLIAMENTO		
Realizzazione nuovo edificio adiacente alle torri		
Superficie complessiva nuovo edificio (calcolato sulle tre torri) senza alcuna aggiunta all'esistente	9425	mq
Soluzione 1: Torre 25mX25m di 16 piani	10000	mq
Soluzione 2: Torre 30mX30m di 11 piani	9900	mq
Soluzione 3: Torre 35mX35m di 8 piani	9800	mq
Suddivisione su 16 piani + ristrutturazione cantine sottotetto + attici in sopraelevazione		
Superficie a disposizione per ampliamento delle cantine sottotetto	386	mq
Superficie media realizzabile per lato	80	
Superficie media complessiva di ampliamento realizzabile per piano	160	mq
Possibili piani di ampliamento oltre al piano terra	16	
Superficie complessiva dell'ampliamento sui piani realizzabili	2560	
Superfici complessive realizzate (piani + cantine sottotetto)	2946	
Superfici mancanti da realizzare come attici con sopraelevazione	196	
Totale superfici (piani + cantine + attici)	3142	
Suddivisione su 16 piani + ristrutturazione cantine sottotetto + uffici o negozi al piano terra		
Superficie a disposizione per ampliamento delle cantine sottotetto	386	mq
Superficie media realizzabile per lato	80	
Superficie media complessiva di ampliamento realizzabile per piano	160	mq
Possibili piani di ampliamento oltre al piano terra	16	
Superficie complessiva dell'ampliamento sui piani realizzabili	2560	
Superfici complessive realizzate (piani + cantine sottotetto)	2946	
Superfici mancanti da realizzare come uffici o negozi al piano terra	196	
Totale superfici (piani + cantine + negozi o uffici)	3142	

### 3. Calcolo della convenienza economica

Nel caso invece i tempi di rientro potessero aumentare portandoli fino a 5 anni, si avrebbe ad esempio la seguente situazione:

EDIFICIO ESISTENTE E FABBISOGNI		
Superficie complessiva edificio (sagoma attacco a terra)	7833,467	mq
Superficie utile riscaldata	5352,854	mq
Consumo previsto annuale	143	kWh/mq*anno (termici)
Consumo complessivo edificio	765458	Kwh/anno (termici)
Riduzione rendimento caldaia a gas	0,8	
Fabbisogno reale dell'intero edificio	956823	Kwh/anno (termici)
1 mc di gas produce circa	10	kWh
1 mc di gas costa circa	0,9	€
Costo complessivo per riscaldamento e acqua sanitaria	86114	€/anno
IPOTESI RISTRUTTURAZIONE		
Costi di ristrutturazione per portare l'edificio ad energia quasi zero	500	€/mq
Costi complessivi di ristrutturazione (ho considerato i mq complessivi dell'edificio)	3916734	€
Tempo di rientro dell'investimento (ristrutturazione energetica)	45	anni
IPOTESI INSTALLAZIONE PANNELLI PV MONOCRISTALLINI		
Costo complessivo installazione PV monocristallino	796000	€
IPOTESI INCREMENTO VOLUMETRICO		
Costi di costruzione nuove costruzioni	1500	€/mq
Prezzo di vendita nuove costruzioni	3000	€/mq
CALCOLO MQ MINIMI DI AMPLIAMENTO IN RELAZIONE AI TEMPI DI RIENTRO RICHIESTI		
Tempi di rientro dei costi dell'ampliamento richiesti	5	anni
Calcolo mq complessivi di ampliamento necessari per il rientro degli investimenti entro i tempi	2855	mq
POSSIBILI SOLUZIONI PROGETTUALI DI AMPLIAMENTO		
Realizzazione nuovo edificio adiacente alle torri		
Superficie complessiva nuovo edificio (calcolato sulle tre torri) senza alcuna aggiunta all'esistente	8564	mq
Soluzione 1: Torre 25mX25m di 16 piani	10000	mq
Soluzione 2: Torre 30mX30m di 11 piani	9900	mq
Soluzione 3: Torre 35mX35m di 8 piani	9800	mq
Suddivisione su 16 piani + ristrutturazione cantine sottotetto + attici in sopraelevazione		
Superficie a disposizione per ampliamento delle cantine sottotetto	386	mq
Superficie media realizzabile per lato	80	
Superficie media complessiva di ampliamento realizzabile per piano	160	mq
Possibili piani di ampliamento oltre al piano terra	16	
Superficie complessiva dell'ampliamento sui piani realizzabili	2560	
Superfici complessive realizzate (piani + cantine sottotetto)	2946	
Superfici mancanti da realizzare come attici con sopraelevazione	-91	
Totale superfici (piani + cantine + attici)	2855	
Suddivisione su 16 piani + ristrutturazione cantine sottotetto + uffici o negozi al piano terra		
Superficie a disposizione per ampliamento delle cantine sottotetto	386	mq
Superficie media realizzabile per lato	80	
Superficie media complessiva di ampliamento realizzabile per piano	160	mq
Possibili piani di ampliamento oltre al piano terra	16	
Superficie complessiva dell'ampliamento sui piani realizzabili	2560	
Superfici complessive realizzate (piani + cantine sottotetto)	2946	
Superfici mancanti da realizzare come uffici o negozi al piano terra	-91	
Totale superfici (piani + cantine + negozi o uffici)	2855	

Confrontando le due ipotesi di intervento è possibile rilevare che con l'aumento dei tempi di rientro il quantitativo di mq necessari tende a diminuire, infatti osservando e confrontando le tabelle, nel campo "calcolo mq complessivi di ampliamento necessario per il rientro degli investimenti entro i tempi" si ottengono valori molto differenti a seconda del caso.

Come evidenziato poi dalle tabelle sovrastanti, anche per il tipo di intervento sono stati valutati differenti scenari, che prevedevano la realizzazione di nuovi corpi di fabbrica a servizio della struttura esistente sia staccati sia in aderenza a quelli esistenti.



Per la soluzione di edificio di servizio distaccato, data la configurazione dei lotti adiacenti al comparto delle torri e data la necessità di non consumare un quantitativo di terreno permeabile eccessivo, è stata scelta come soluzione costruttiva quella dell'edificio a torre. Il quantitativo di mq richiesti per il rientro economico in tempi brevi è elevato, pertanto se si scegliesse come soluzione per l'edificio una tipologia costruttiva classica, come ad esempio in linea, sarebbe necessaria l'occupazione di maggiori porzioni di terreno attualmente destinato a verde pubblico ed attrezzato, rispetto alla soluzione a torre.

Una volta stabilita per l'edificio di servizio la tipologia a torre, sono poi state studiate tre possibili configurazioni: un edificio a torre quadrata di 16 piani con lato di 25 m (di metratura complessiva 10000 mq), oppure un edificio a torre quadrata di 11 piani con lato di 30 m (di metratura complessiva 9900 mq) ed infine un edificio a torre quadrata di 8 piani di lato 35 m.

In merito invece all'ipotesi di edificio in aderenza, vista la distribuzione spaziale dell'edificio, le limitazioni ambientali, di esposizione e conformazione del corpo di fabbrica e le limitazioni derivanti dai regolamenti edilizi, normative inerenti alla sicurezza sismica, normative inerenti alla sicurezza in caso di incendio e regolamenti relativi all'accessibilità, è stata valutata la possibilità di realizzare due edifici a torre in aderenza a ciascuna delle tre torri esistenti di 80 mq per piano ciascuno, comportanti una superficie complessiva di 2560 mq.

Per l'individuazione delle ulteriori metrature che mancavano dal conteggio, necessarie al rientro entro i tempi previsti, oltre a quelle già individuate nelle addizioni, sono state valutate diverse ipotesi.

La prima opzione prevedeva la ristrutturazione delle cantine esistenti, collocate all'ultimo piano delle torri, e la loro trasformazione in residenze e la realizzazione di un piano attico attraverso opere di sopraelevazione dell'edificio esistente.

La seconda opzione invece prevedeva sempre la ristrutturazione dei locali attualmente destinati alle cantine e la loro conversione in residenze e l'utilizzo dei locali a piano terra come negozi o uffici.

Sulla base delle varie ipotesi di intervento, e date le condizioni al contorno del progetto favorevoli, si è scelto di operare scegliendo come caso di analisi quello che prevedeva il minor numero di anni di rientro (caso zero anni), in quanto questa opzione permette innanzi tutto di avere un rientro immediato delle spese sostenute, comportando valori di metrature che nel caso di studio in questione risultano realizzabili.

In merito poi alle opzioni di intervento a livello progettuale, è stata selezionata l'ipotesi di realizzare edifici in aderenza e la conversione delle cantine in residenze.

Inoltre è stata preferita l'opzione di sfruttare il piano terra degli edifici di addizione, come locali ad un uso commerciale, terziario o per servizi alla collettività, in quanto questa opzione consente di introdurre all'interno del quartiere nuove funzioni, che possono risultare appetibili dal punto di vista sociale e commerciale e possono quindi attirare l'attenzione da parte della collettività, fino anche a raggiungere nel tempo l'obiettivo di creazione di un nuovo polo attrattivo, attualmente assente.

Grazie quindi a questa strategia, si favorisce oltre che il miglioramento complessivo a livello del singolo edificio, l'avvio di una generale operazione di riqualificazione urbana dell'intero quartiere con un conseguente aumento del valore immobiliare anche degli edifici circostanti.



## **4. Edificio esistente: gli interventi di riqualificazione proposti**

Gli interventi che hanno interessato l'edificio esistente sono qualificabili sia come interventi di riqualificazione energetica, grazie alla scelta di intervenire mediante l'impiego di tecnologie e materiali che permettessero di migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio stesso, sia come interventi di riqualificazione architettonica, in quanto è stata posta anche una grande attenzione alle soluzioni di finitura.

### **4.1 Isolamento pareti esterne mediante un cappotto esterno**

La scelta di realizzare un isolamento termico a cappotto, applicando sulla superficie esterna delle pareti uno strato di materiale isolante, è legata al fatto che grazie a questo tipo di intervento si possono ottenere diversi ed importanti vantaggi sia dal punto di vista estetico sia dal punto di vista del benessere ambientale.

Innanzitutto isolando le pareti dall'esterno si ottiene l'eliminazione dei ponti termici, che consistono in zone localizzate dove a causa del mancato isolamento si verifica una sensibile dispersione del calore.

In queste aree si rilevano quindi temperature molto inferiori rispetto a quelle degli stessi materiali collocati in aree più protette.

La necessità di eliminare la presenza di dei ponti termici è legata al fatto che è proprio in corrispondenza di questi che è più facile che si verifichino fenomeni di formazione di muffe e macchie, dovute alla presenza di umidità di condensa.

Il vapore presente naturalmente nell'aria infatti tende a condensare sulle superfici più fredde, che solitamente sono riscontrabili nel perimetro dei serramenti, negli angoli ed in corrispondenza dei pilastri inseriti nella muratura.

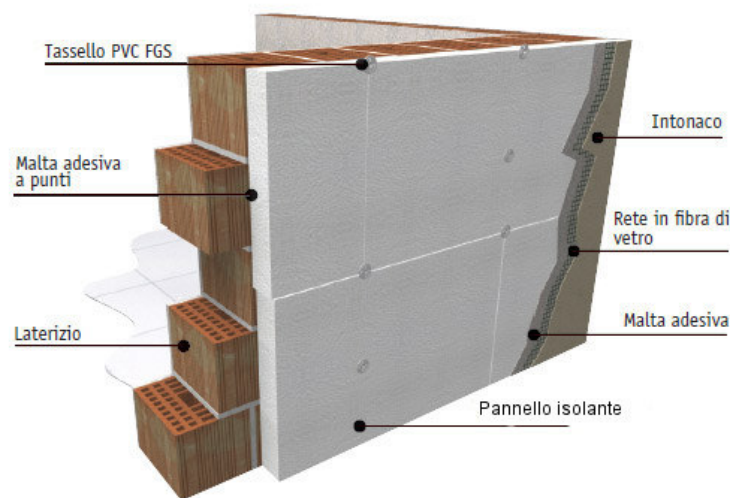
Un altro importante aspetto positivo del cappotto termico è che questo aumenta la capacità di accumulo termico dell'edificio (i muri infatti si scaldano, accumulano calore

e poi lo restituiscono all'ambiente). Questo fa sì che l'impianto possa funzionare un minor numero di ore complessive, con un risparmio di combustibile e una riduzione delle emissioni inquinanti.

Con la realizzazione del cappotto esterno quindi tutto l'involucro dell'edificio viene mantenuto caldo in modo uniforme, senza creare gradienti di temperatura tra le diverse zone.

L'isolamento termico consente di ridurre sia i costi per il riscaldamento che le immissioni inquinanti, infatti, se gli edifici sono correttamente isolati disperdono meno calore e pertanto, necessitano di un minor quantitativo di combustibile per riscaldarli, riducendo l'apporto di CO<sub>2</sub> nell'ambiente.

Un efficiente isolamento termico degli edifici deve avere inoltre come obiettivo, quello di garantire il raggiungimento di una corretta temperatura non solo dell'aria, ma anche dei muri, dei pavimenti e dei soffitti. La sensazione di freddo, infatti, deriva da una bassa temperatura ambientale, ma anche da una ridotta temperatura degli elementi di protezione orizzontale e verticale; ciò è dovuto all'effetto dell'irraggiamento.



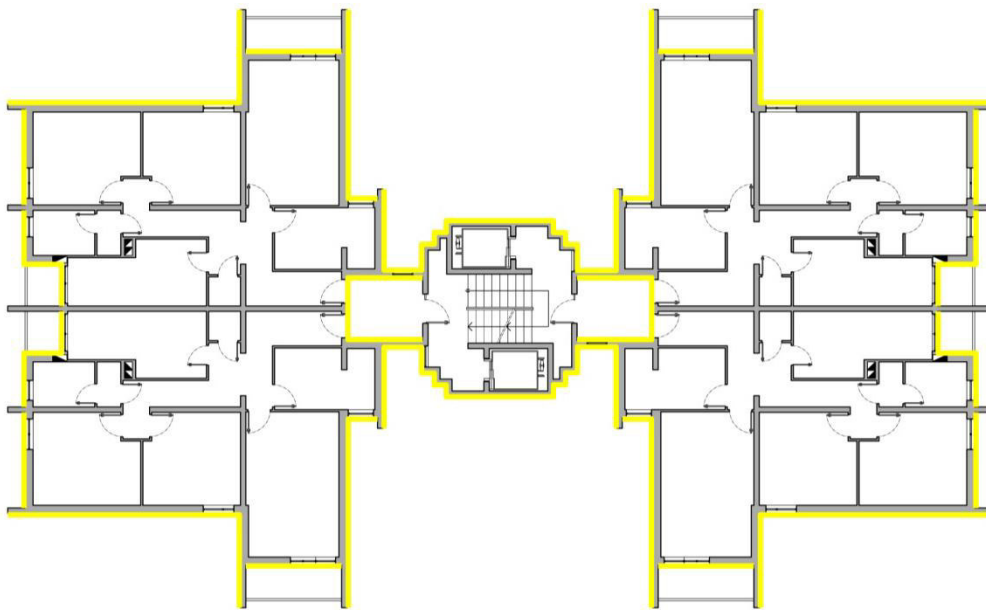
*Figura 4.1: Esempio di sistema a cappotto*

Al fine pertanto di ottenere tutti i vantaggi sopraelencati, si è deciso quindi di realizzare un isolamento a cappotto con polistirene, che risulta essere l'intervento più efficace per la riduzione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale.

I pannelli in polistirene espanso estruso vengono realizzati a partire da granuli di polistirene nuovi e da polistirene proveniente da riciclo. Il materiale di partenza viene inserito in una macchina di estrusione che lo fonde con aggiunte di materiale espandente ignifugo o di altro tipo, a seconda delle necessità. La massa che ne risulta

viene fatta passare attraverso un ugello a pressione che ne determina la forma. Il risultato del processo produttivo è un materiale isolante a struttura cellulare chiusa. Il polistirene espanso estruso si può trovare in commercio sotto forma di pannelli con o senza "pelle". La "pelle" è costituita da un addensamento superficiale del materiale che gli conferisce un aspetto liscio e compatto. I pannelli senza pelle sono ottenuti, invece, fresando la superficie per renderla compatibile con collanti, calcestruzzo, malte ecc.

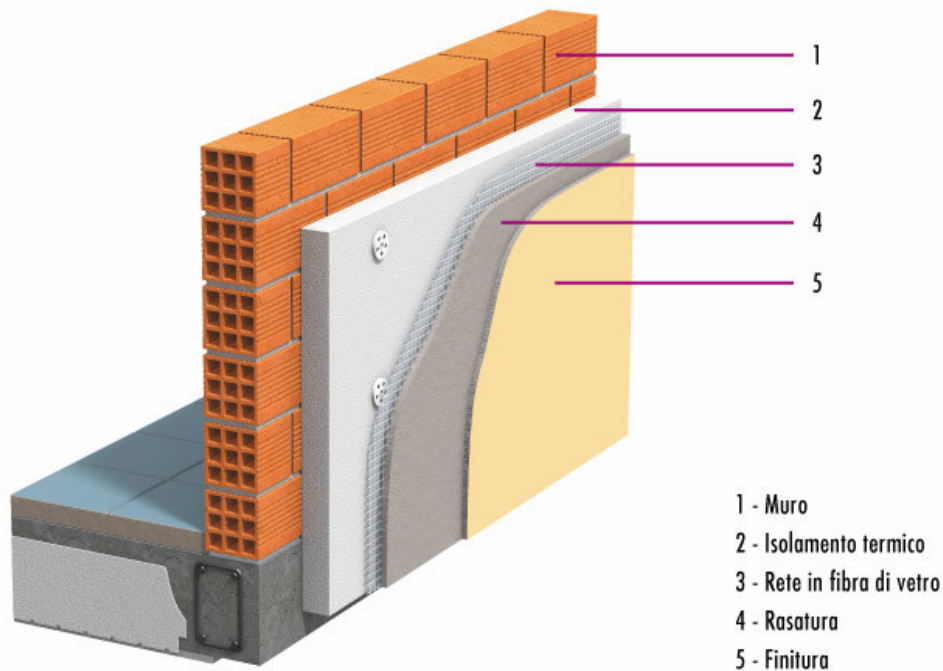
Si prevede di eseguire l'isolamento con del polistirene espanso estruso senza pelle di densità 30 kg/mc dello spessore di 12 secondo lo schema di Figura 6.2. Come si può vedere lo strato di isolamento viene applicato a tutte le pareti perimetrali esterne dell'edificio, incluso il vano scala dello spessore in questo caso di 6 cm, e alle pareti che dividono internamente gli appartamenti dal vano scala. In questo modo si separano termicamente gli alloggi dai locali non riscaldati del vano scala, nel rispetto dei limiti di trasmittanza imposti dalla normativa vigente. Per lo stesso motivo di rispetto dei limiti di trasmittanza il polistirene viene incollato anche sulle pareti fredde esterne del vano scala.



*Figura 4.2: Schema disposizione isolamento*

Come finitura delle pareti, una volta posato il cappotto isolante, si prevedono tre differenti soluzioni architettoniche, a seconda della tipologia di parete considerata.

Per quanto riguarda le pareti portanti si prevede una finitura realizzata con intonaco supportato da rete porta intonaco e strato di finitura.



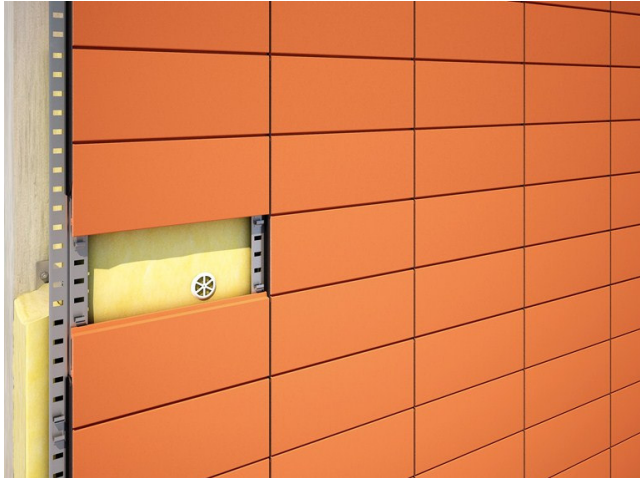
*Figura 4.3: Finitura delle pareti portanti*

Come finitura delle tamponature, si prevedono due soluzioni tipologiche: un rivestimento in terracotta ed un rivestimento in alluminio.

La scelta di utilizzare per i tamponamenti una finitura differente da quella prevista per le pareti portanti, è dovuta alla volontà di mantenere una differenziazione di trattamento in relazione alla funzione strutturale dell'elemento considerato. Anche allo stato attuale infatti i tamponamenti sono realizzati in laterizio, che è stato volontariamente lasciato a faccia a vista sia per sottolineare la differente gerarchia degli elementi sia per dare una texture alle facciate.

Anche la scelta del laterizio come materiale di finitura ha lo scopo di rievocare il materiale attualmente utilizzato per i tamponamenti.

Per quanto riguarda questa prima soluzione, per il montaggio si prevede la tassellatura delle sottostrutture metalliche necessarie per il supporto della facciata e viene posato lo strato di materiale isolante. Successivamente vengono fissati i profilati metallici sui quali verranno posizionate infine le tabelle in laterizio.



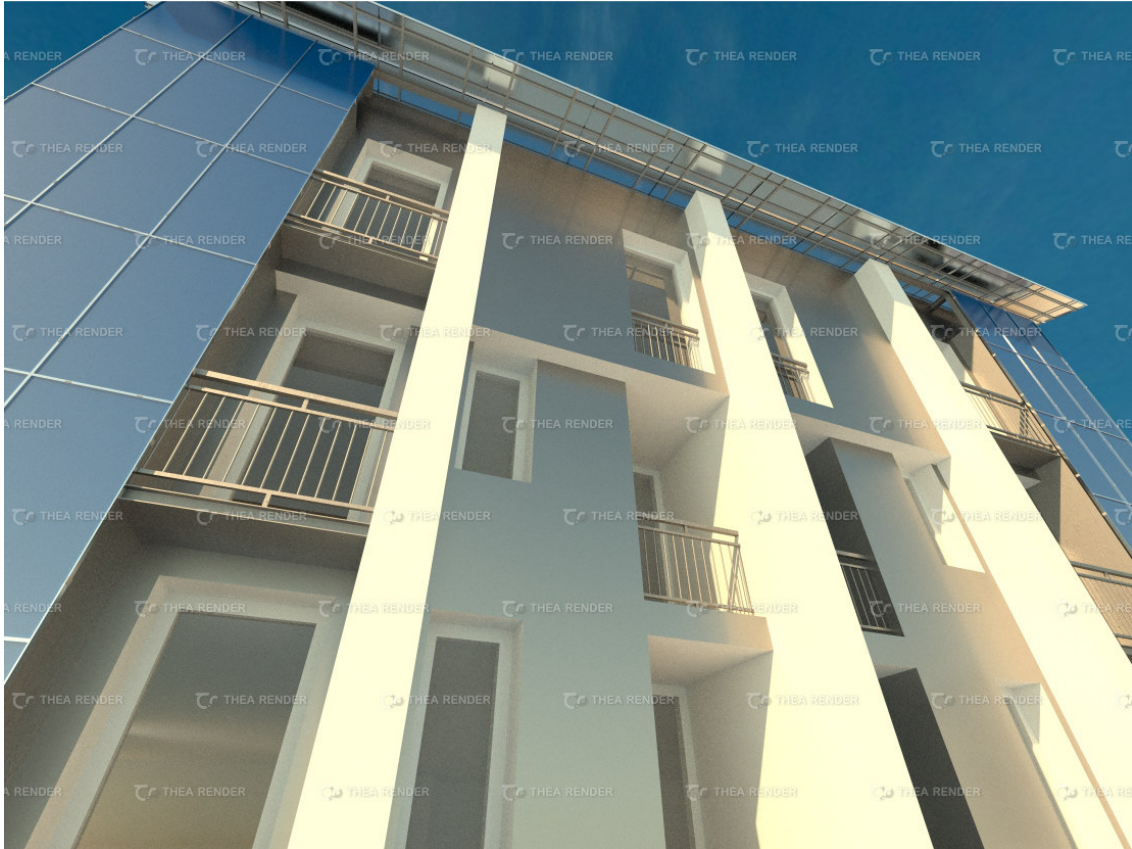
*Figura 4.4 e 4.5 : Esempio di sistema a cappotto con finitura in laterizio*

La seconda soluzione invece prevede l'utilizzo di pannelli rivestiti in alluminio. La scelta di utilizzare questo materiale come finitura è invece legata al fatto che questo rivestimento risulta duraturo nel tempo e di facile manutenzione. Inoltre, come nel caso dell'impiego del laterizio come finitura, l'utilizzo di pannelli in alluminio crea un netto distacco con il trattamento ad intonaco previsto per gli elementi portanti, enfatizzando la differente funzione dei vari elementi.



*Figura 4.6 e 4.7 : Esempio di sistema a cappotto con finitura in pannelli in alluminio*





*Figura 4.8 : Render prospetto sud-ovest con finitura mediante pannelli in alluminio*

### **4.2 Isolamento dei solai**

I solai adiacenti a locali freddi vengono isolati allo stesso modo delle pareti con l'impiego di polistirene espanso estruso senza pelle. In particolare si è scelto di mettere l'isolante nei solai di sottotetto e del piano primo in quanto dividono il volume riscaldato da quello non riscaldato

### **4.3 Sostituzione degli infissi**

Attualmente gli infissi installati nell'edificio sono realizzati in alluminio senza taglio termico e con vetro monostrato. Inoltre sono presenti anche tapparelle avvolgibili in pvc.

Evidentemente tali serramenti risultano molto dispersivi dal punto di vista del calore, e si è pertanto deciso che al fine del miglioramento complessivo delle prestazioni energetiche dell'edificio era necessaria la sostituzione degli stessi.

Inoltre si prevede anche la rimozione dei cassonetti e delle tapparelle avvolgibili, al fine di ridurre ulteriormente le dispersioni di calore.

Come infissi sostitutivi si prevede l'installazione di infissi in alluminio con doppia vetrocamera basso emissivi del tipo 4 – 16 – 4 – 16 – 4 al 90% di argon, che offrono un elevato risparmio energetico ed un efficace isolamento acustico e comfort abitativo.

Al fine comunque di garantire un corretto ombreggiamento ed una corretta regolazione della luce interna e del calore, è stato previsto il montaggio di infissi con dispositivo di ombreggiamento integrato, ovvero dotati di veneziana inserita all'interno del telaio, in zona protetta, all'interno di una terza camera apribile ed ispezionabile che possa consentire in questo modo una corretta manutenzione della veneziana.

Poiché la veneziana non richiede l'installazione di uno specifico cassonetto, si possono realizzare finestre più alte, ottenendo ambienti più luminosi.

Sul lato esterno, l'anta a scomparsa amplifica la superficie vetrata, per donare massima luminosità agli ambienti interni. Anche quando si combinano campi fissi con ante apribili, l'impatto visivo complessivo risulta simmetrico, conferendo all'edificio uno stile caratterizzato da leggerezza e pulizia formale.

Il valore di trasmittanza termica, certificato in laboratorio, raggiunge un eccellente valore di  $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , con doppio vetro e canalina distanziale ad elevato isolamento termico di serie. A veneziana chiusa il valore energetico (valore g) è di soli 0,12. L'abbattimento acustico, pari a 45 dB, è garantito da ampie intercapedini fra le singole lastre di vetro e dal terzo vetro dell'anta accoppiata.



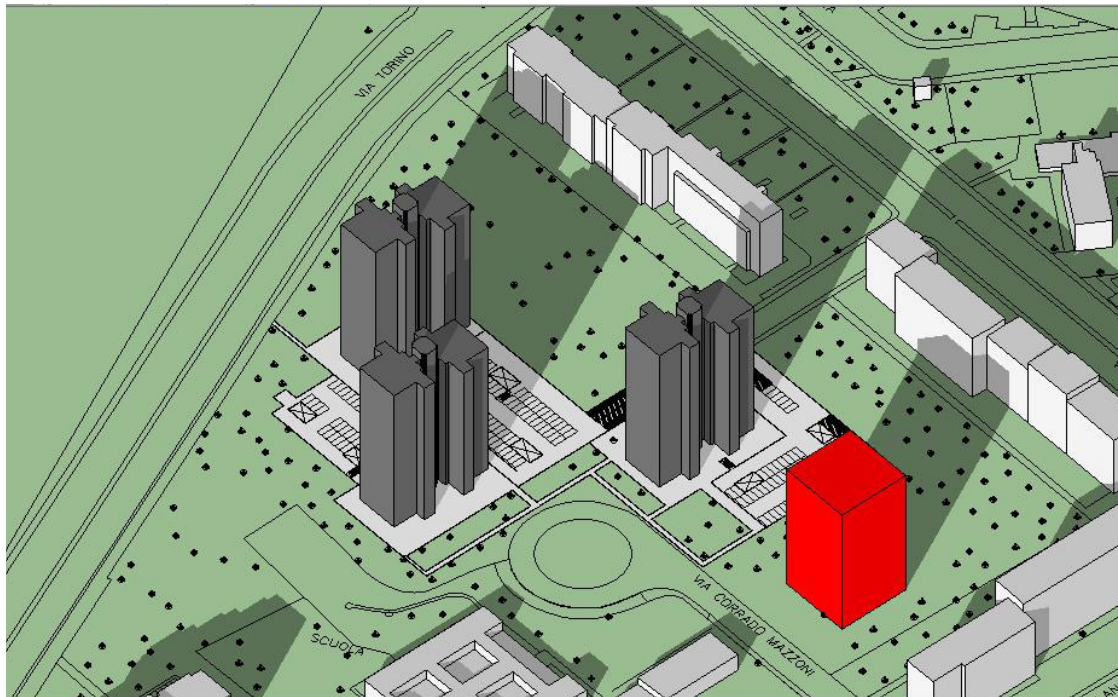
*Figura 4.9: Infisso con triplo vetro e sistema di ombreggiamento integrato*



## 5. Edificio di servizio: il progetto

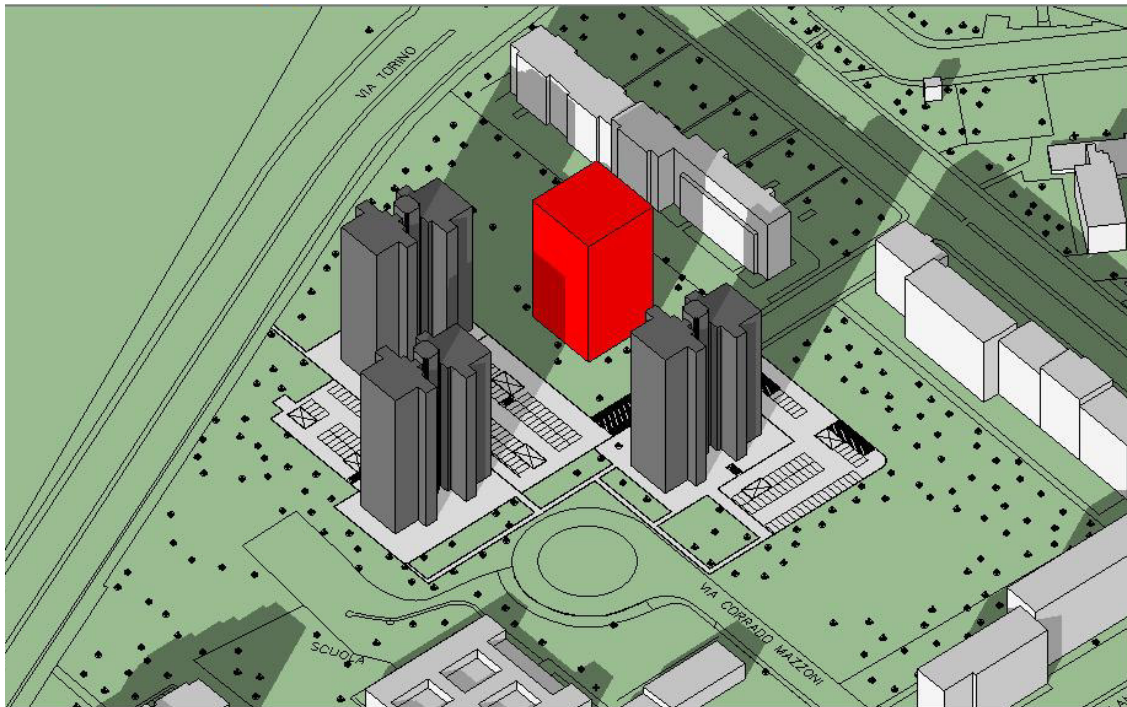
Dopo aver effettuato un'attenta analisi del contesto di intervento, come evidenziato nei capitoli precedenti, è stato necessario individuare l'area di collocazione del nuovo edificio di servizio e a tale scopo sono state valutate diverse aree da destinare all'intervento.

Sono state prese in considerazione le tre aree adiacenti alle torri: la prima area è stata quella fronteggiante Via Corrado Mazzoni, la seconda quella che affaccia su Via Torino compresa tra le torri e gli edifici con ingresso su via degli Ortolani e l'ultima collocata tra Via Torino, gli edifici in linea che confinano a sud con le torri e la scuola materna.

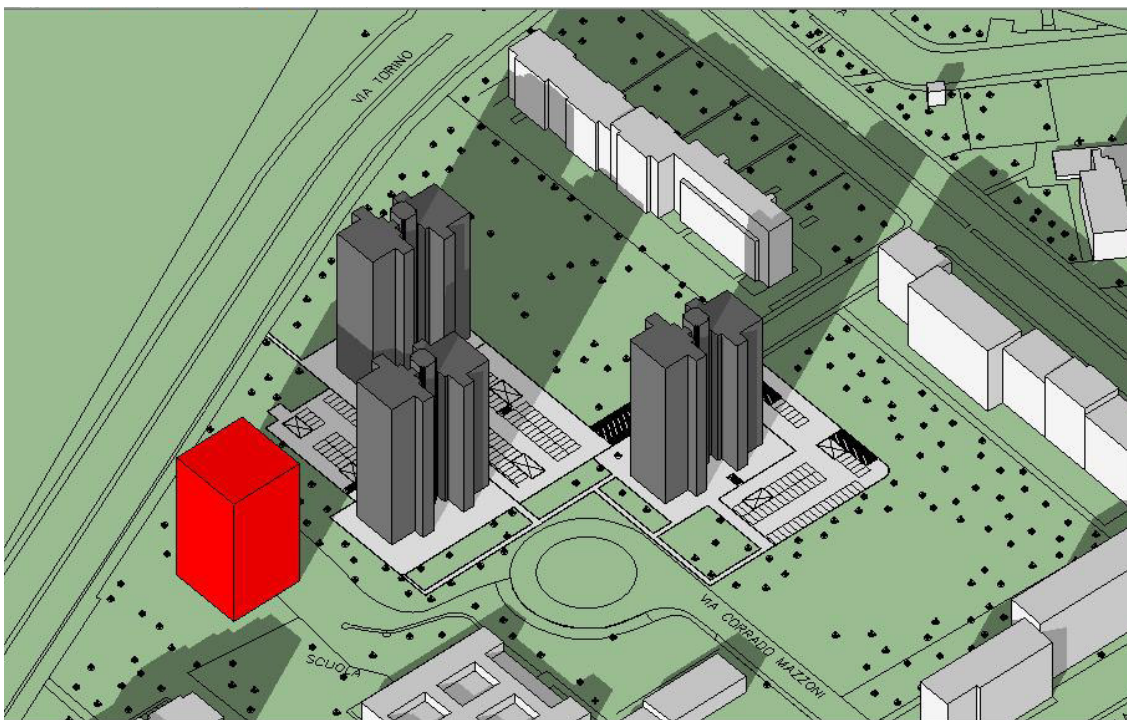


*Figura 5.1: Ipotesi di realizzazione di un edificio di servizio nell'area fronteggiante Via Corrado Mazzoni*





*Figura 5.2: Ipotesi di realizzazione di un edificio di servizio nell'area fronteggiante Via Torino*



*Figura 5.3: Ipotesi di realizzazione di un edificio di servizio nell'area fronteggiante Via Torino adiacente agli edifici in linea e la scuola materna*

La realizzazione di un edificio indipendente che fosse in grado di fornire gli stessi vantaggi economici ed energetici di quelli ottenuti nel caso di studio, come evidenziato nel capitolo della convenienza economica, avrebbe però richiesto la progettazione di un

edificio di dimensioni molto ampie, notevolmente superiori a quelle di una singola torre esistente, pertanto il quantitativo di terreno necessario per l'intervento sarebbe stato elevato e questo avrebbe di conseguenza portato al consumo di spazi verdi a servizio del quartiere.

E' necessario altresì tenere in considerazione che l'occupazione di terreno permeabile e la sua successiva trasformazione in terreno non permeabile è preferibilmente da evitare poiché questo genere di operazione si ripercuote sul sistema fognario, in quanto la creazione di aree non permeabili fa sì che aumentino i quantitativi di acque che vengono convogliati e riversati in fognatura, con il rischio di caricare ulteriormente in fognatura. Infine è necessario considerare che la necessità di realizzare un edificio di notevoli dimensioni per poter ottenere i vantaggi previsti sarebbe stato notevolmente impattante sul contesto attuale dal punto di vista urbanistico.

Viste tutte le sovra menzionate limitazioni relative ad un intervento del genere, l'opzione di occupazione delle aree individuate è stata scartata.

Poiché quindi l'impiego delle aree permeabili in questo caso si è dimostrata un'opzione non idonea, come alternativa che potesse sfruttare le aree non permeabili presenti nel comparto è stata valutata allora l'ipotesi di occupare quelle aree non permeabili limitrofe ai perimetri delle torri.

Tra queste aree sono state individuate due possibili soluzioni: l'utilizzo dell'area centrale alle torri che attualmente è destinata a parcheggio e che al piano interrato ospita i garage a servizio delle torri, oppure l'impiego delle aree adiacenti alle torri attraverso la realizzazione di edifici in aderenza.

Analizzando la prima possibilità, sebbene queste fossero aree ottimali per questo tipo di intervento, in quanto in questo modo si fruttano aree non permeabili, senza intaccare quelle permeabili, purtroppo non potevano essere sfruttate per la realizzazione di un nuovo edificio poiché risultavano troppo in prossimità degli edifici esistenti, pertanto non sarebbero state rispettate le distanze minime, ed inoltre si sarebbero verificati problemi di reciproco ombreggiamento tra i vari edifici. Inoltre, la scelta di sfruttare queste superfici, che attualmente sono destinate alla sosta dei mezzi dei residenti, avrebbe causato la diminuzione delle dotazioni di parcheggi, richiedendo quindi l'individuazione di nuove aree da destinare al medesimo utilizzo, al fine di ristabilire il

quantitativo di dotazioni territoriali esistente (rischiando nuovamente di andare ad occupare aree permeabili).

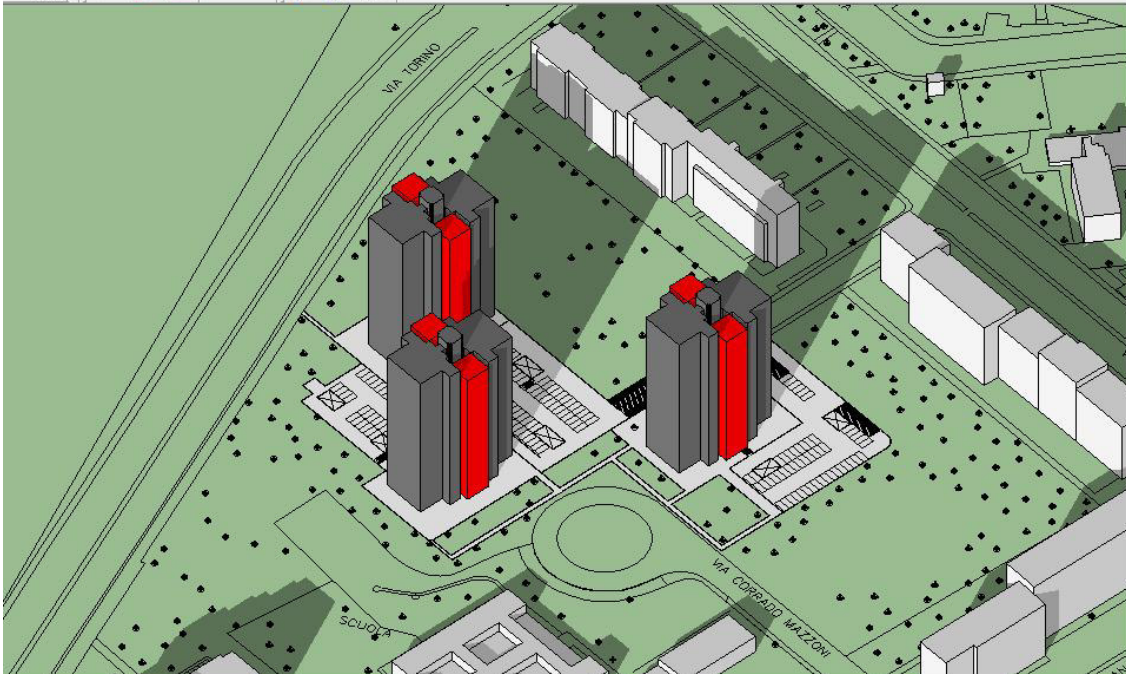
Date quindi le varie difficoltà a realizzare un unico nuovo edificio completamente indipendente, si è preferito optare per la soluzione di realizzare diversi ampliamenti in aderenza agli edifici esistenti.

In questo modo si realizzava lo sfruttamento di quelle aree non permeabili, che circondano le torri, attualmente destinate all'utilizzo pedonale, ma che nella realtà non sono sfruttate come aree comuni dagli abitanti degli edifici, in quanto risultano sprovviste di qualsiasi tipo di attrezzatura per la fruizione (panchine, tavoli, sedie...), l'assenza poi di protezioni e ripari come ad esempio gazebi, tettoie o pensiline, ne rende impossibile l'utilizzo sia nel periodo estivo che in quello invernale.

### **5.1 Il progetto dal punto di vista architettonico**

Dopo un'attenta valutazione di tutte le possibili alternative, avendo selezionato come migliore soluzione quella di realizzare il nuovo edificio attraverso volumi in aderenza a quelli esistenti, il passo successivo è stato quello di individuare dove collocare questi nuovi volumi.

Data la forma ad H delle torri, e vista la collocazione del vano scala nella zona centrale, si è pensato di collocare i nuovi volumi proprio in prossimità del vano scala, sia per andare a saturare e completare quelle aree non ancora occupate dall'edificio esistente, sia per facilitare l'accesso a questi nuovi volumi mediante i vani scale e ascensori già presenti nell'esistente.



*Figura 5.4: Ipotesi di realizzazione degli edifici di servizio in aderenza alle torri nell'area adiacente ai vani scale*

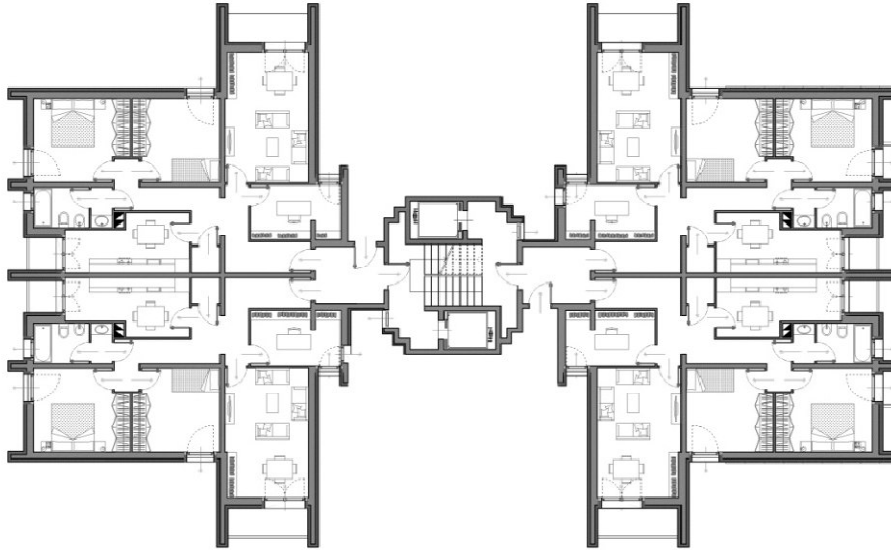
Data la limitatezza dello spazio a disposizione, in quanto il nuovo corpo di fabbrica si va ad inserire nell'area adiacente al vano scale, si è dovuto tener conto innanzi tutto del rispetto delle distanze dal vecchio corpo di fabbrica.

Ai fini della sicurezza antincendio e comunque per garantire l'illuminazione del vano scala, è stata mantenuta una distanza dal vecchio corpo di fabbrica di 2 m.

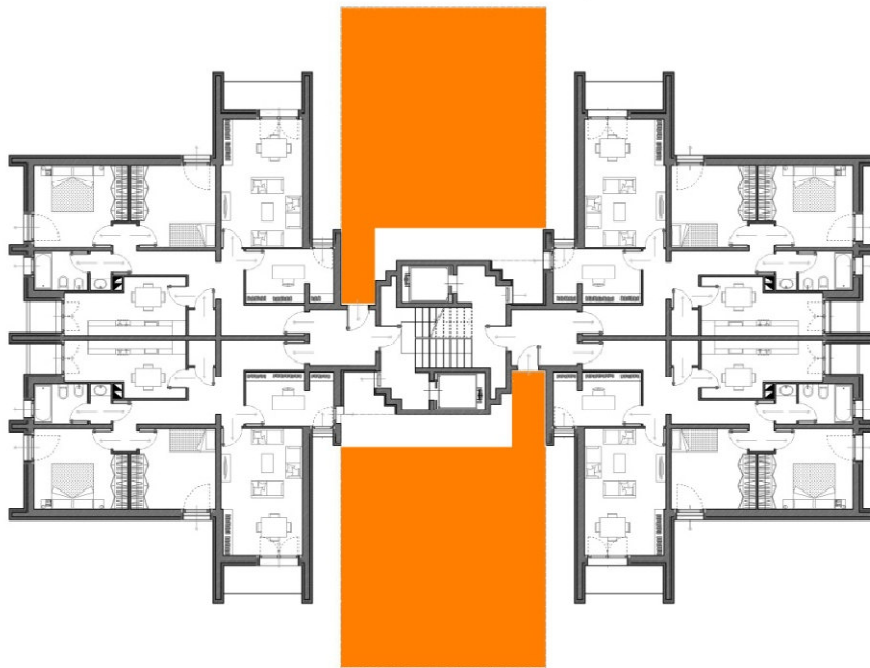
Inoltre per la sicurezza antincendio è stata prevista l'installazione di porte tagliafuoco nel punto di passaggio tra il vecchio edificio ed il nuovo, che avviene attraverso un'apertura già esistente.

Per il dimensionamento del singolo piano è stato necessario tenere in considerazione anche la necessità di non andare ad ostruire alcuna esistente apertura ed inoltre la necessità dal punto di vista della sicurezza sismica di mantenere una distanza dagli edifici esistenti di almeno 15 cm. Tenuto quindi in considerazione di tutti gli elementi sopra esposti è stato definito un blocco con le seguenti dimensioni: 8,50 m di larghezza e 8,50 m di profondità.





*Figura 5.5: Pianta edificio attuale*



*Figura 5.6: Area di collocazione del nuovo edificio in aderenza a quello esistente (in arancione)*



*Figura 5.7: Intervento sul lato con affaccio a sud-est*



*Figura 5.8: Intervento sul lato con affaccio a nord-ovest*

### 5.1.1 Il modulo abitativo

Una volta definito il perimetro di intervento, per la definizione delle piante è stato necessario come prima cosa definire l'organizzazione spaziale degli elementi portanti.

Innanzitutto è stato previsto l'inserimento di un vano scala e di un vano ascensore supplementari, oltre a quelli già presenti nell'attuale corpo di fabbrica, collocati nei due moduli destinati alla nuova realizzazione.

Questa scelta è legata innanzitutto alla necessità di garantire una migliore fruizione da parte di tutti gli inquilini (sia attuali che futuri) agli alloggi, evitando il sovraccarico di utilizzo del vano scala e dell'ascensore attualmente esistenti, e garantendo quindi anche la presenza di scale in numero sufficiente per l'evacuazione dello stabile in caso di incendio.

Partendo quindi dal singolo modulo quadrato (Figura 5.9 e 5.10) sono state innanzitutto definite le dimensioni del vano scala, collocato sul lato dell'edificio con affaccio a nord-ovest, e del vano ascensore, collocato sul lato dell'edificio con affaccio a sud-est, al fine di rispettare le misure minime da normativa e garantendo l'accesso sia ai residenti dei nuovi appartamenti, sia la fruizione da parte dei residenti attuali, nonché a tutti i possibili utenti diversamente abili.

E' stato quindi definito il dimensionamento relativo alla camera matrimoniale e al bagno, al fine di rispettare le prescrizioni in merito alla metratura minima prevista dalle normative.



Figura 5.9: Modulo base sul lato sud-est



Figura 5.10: Modulo base sul lato nord-ovest

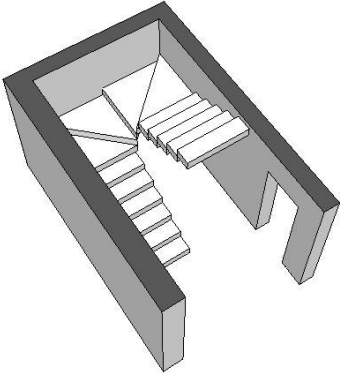


Figura 5.11: Modulo base vano scale sul lato sud-est

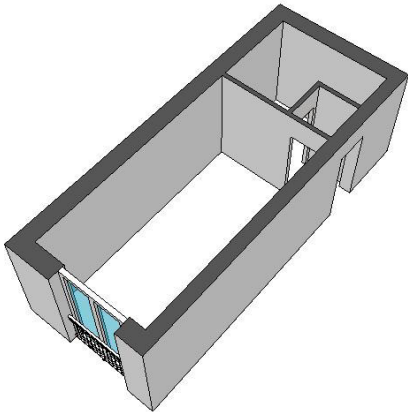


Figura 5.12: Modulo base camera sul lato sud-est

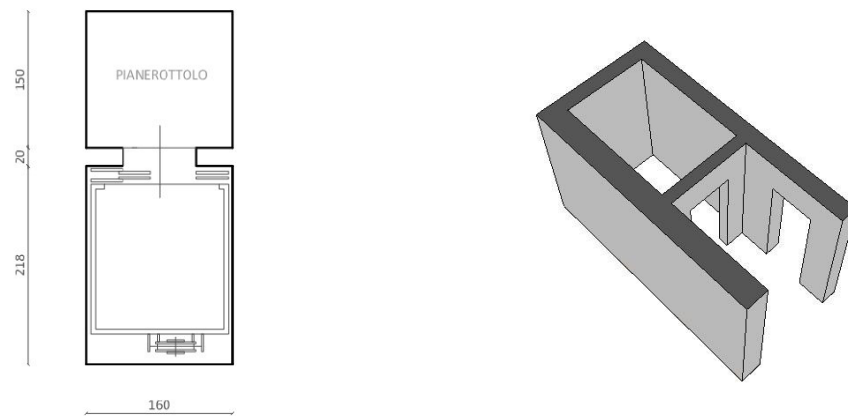


Figura 5.13: Modulo base vano ascensore sul lato nord-ovest

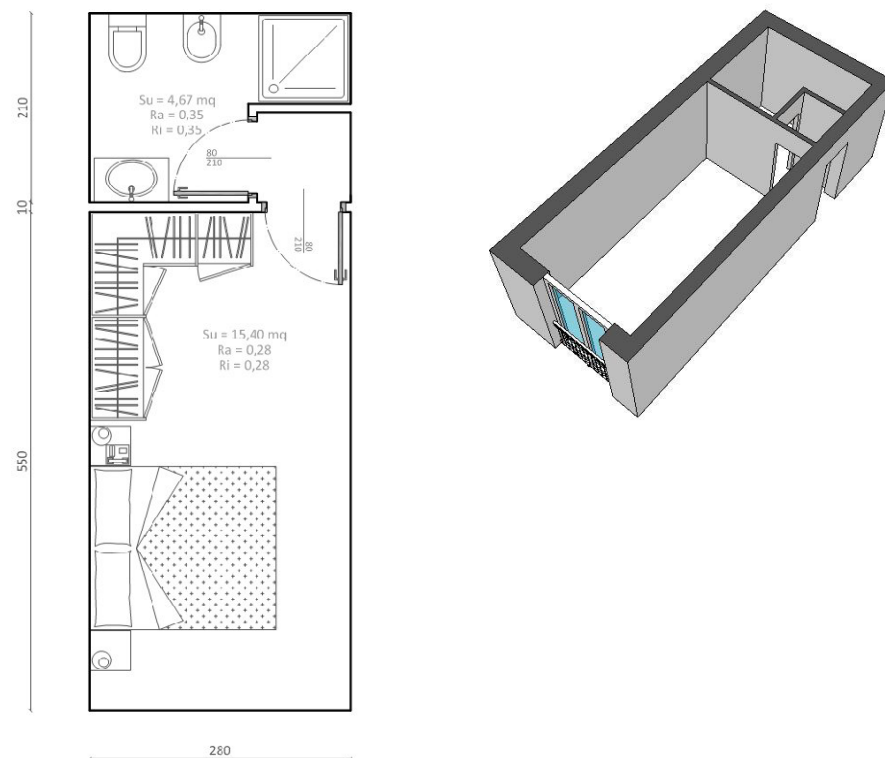


Figura 5.14: Modulo base camera sul lato nord-ovest

Grazie alla definizione delle misure dei locali sopra menzionati, è possibile ora definire la distribuzione degli elementi portanti e la loro organizzazione.

Come sistema strutturale è stato pertanto scelto quello che si sviluppa su setti portanti tra loro paralleli, che imita quello della struttura esistente, ma a scala più piccola.

L'organizzazione spaziale dei setti portanti definisce di conseguenza l'orditura dei solai.

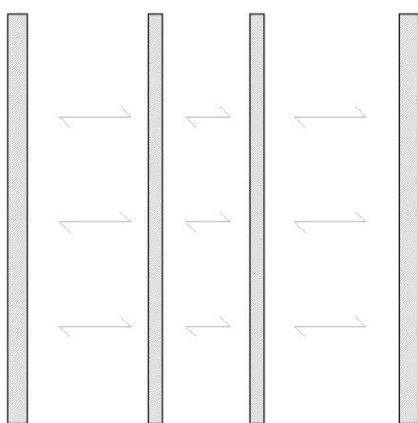


Figura 5.15: Orditura solaio lato sud-est

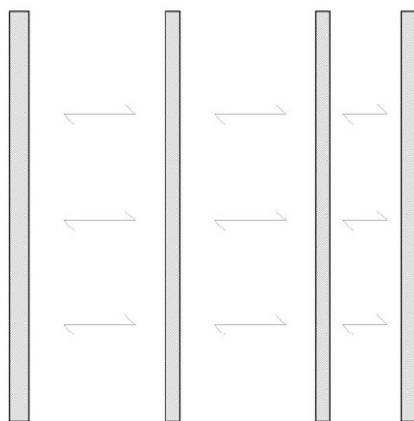


Figura 5.16: Orditura solaio lato nord-ovest

Definite le misure dei moduli base e delle strutture portanti è possibile quindi definire le dimensioni complessive dei moduli del vano scala, ascensore e camera che costituiscono i blocchi di intervento situati sui due prospetti.

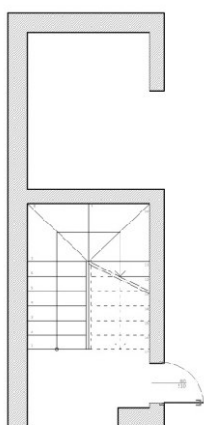


Figura 5.17: Modulo vano scala e camera lato sud-est

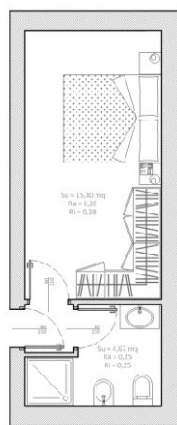


Figura 5.18: Modulo vano ascensore e camera lato nord-ovest

Una volta collocati i vari moduli all'interno dei due blocchi relativi ai nuovi corpi di fabbrica, è stato possibile definire il modulo abitativo nel suo complesso.

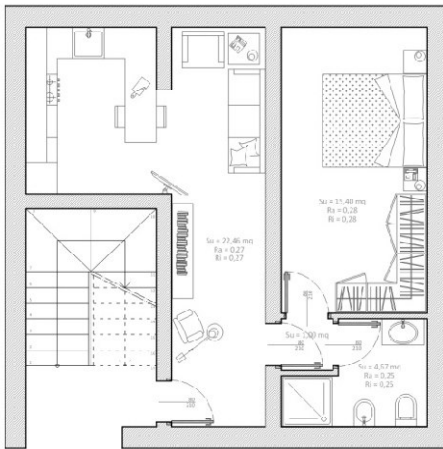


Figura 5.19: Modulo complessivo lato sud-est

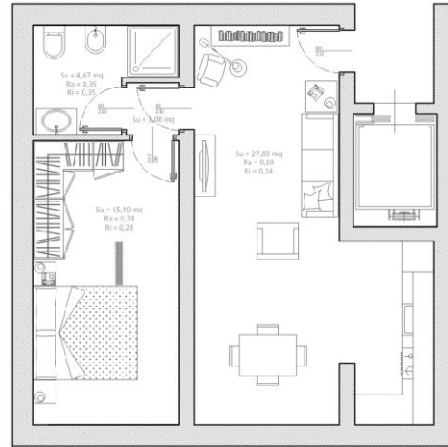


Figura 5.20: Modulo complessivo lato nord-ovest

Al fine poi di avere una varietà abbastanza consistente di soluzioni, in grado di soddisfare le esigenze di mercato, sulla base delle valutazioni fatte per la realizzazione del modulo abitativo sopra descritto, sono state studiate diverse ipotesi alternative.

Oltre alla soluzione base del bilocale, è stata sviluppata la soluzione del trilocale e di un possibile ampliamento dell'appartamento adiacente.

Per fornire ulteriori soluzioni sono poi state studiate varie opzioni delle sopra menzionate tipologie di alloggi, che prevedessero anche logge a servizio dei vani degli appartamenti.

Le soluzioni ottenute per il caso di bilocale con affaccio sul lato sud-est sono le seguenti:

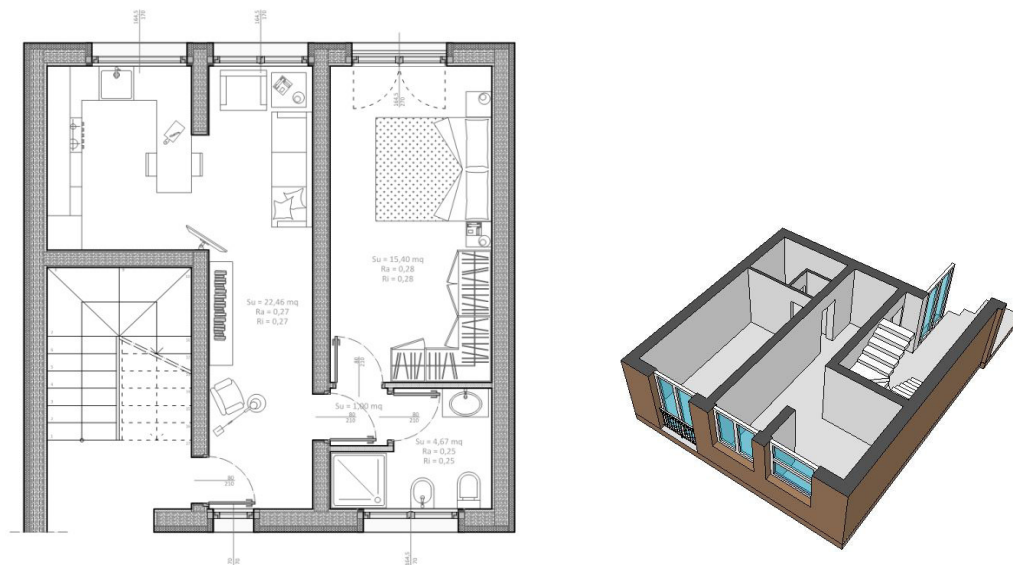


Figura 5.21: Bilocale senza logge

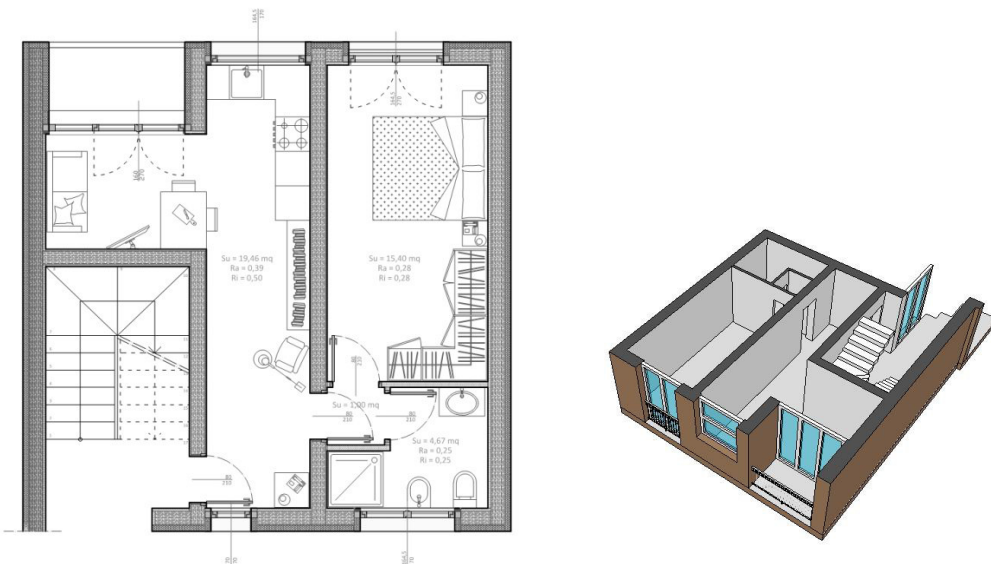


Figura 5.22: Bilocale con loggia a destra



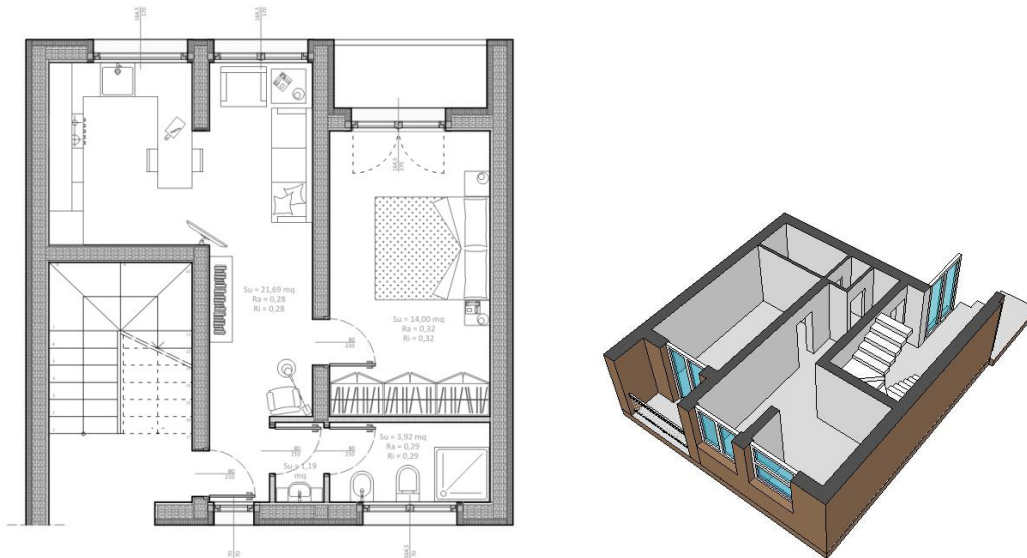


Figura 5.23: Bilocale con loggia a sinistra

Per la soluzione del trilocale è stata sviluppata un'ipotesi di appartamento su due piani, avente al piano di accesso all'abitazione la zona giorno ed al piano superiore collegata tramite una scala interna a quest'ultima, la zona notte:

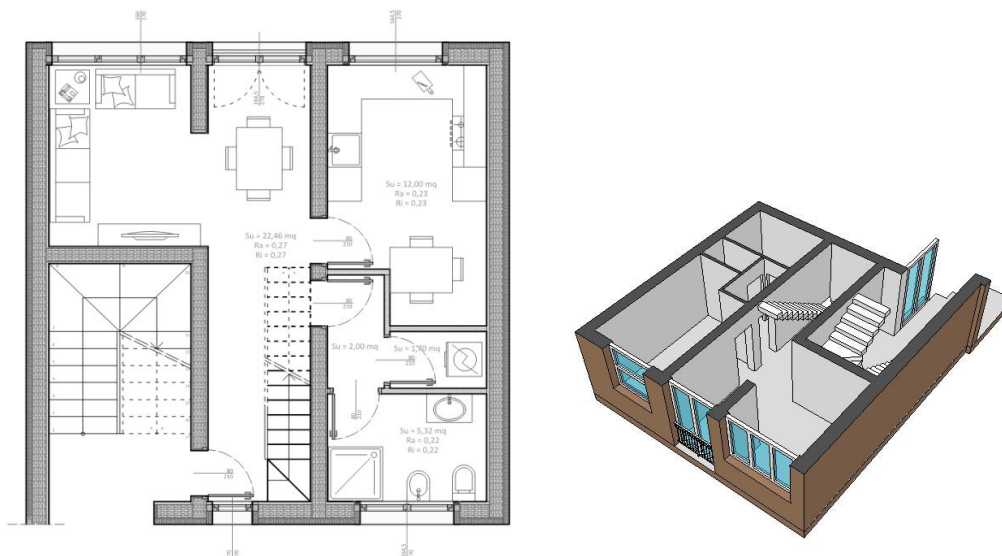


Figura 5.24: Trilocale zona giorno senza logge

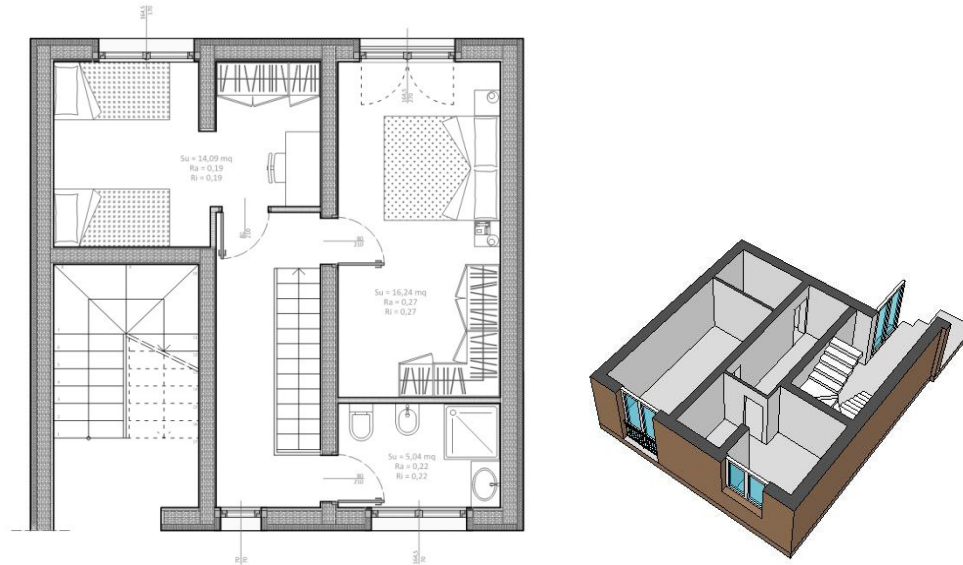


Figura 5.25: Trilocale zona notte senza logge

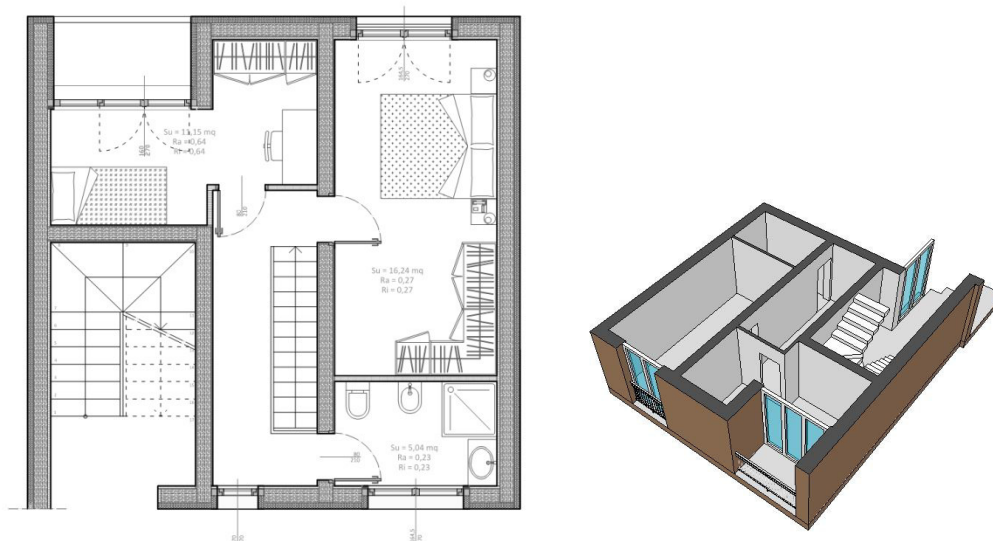


Figura 5.26: Trilocale zona notte con loggia a destra

Infine per la soluzione di ampliamento dell'appartamento esistente è stata sviluppata la seguente soluzione:

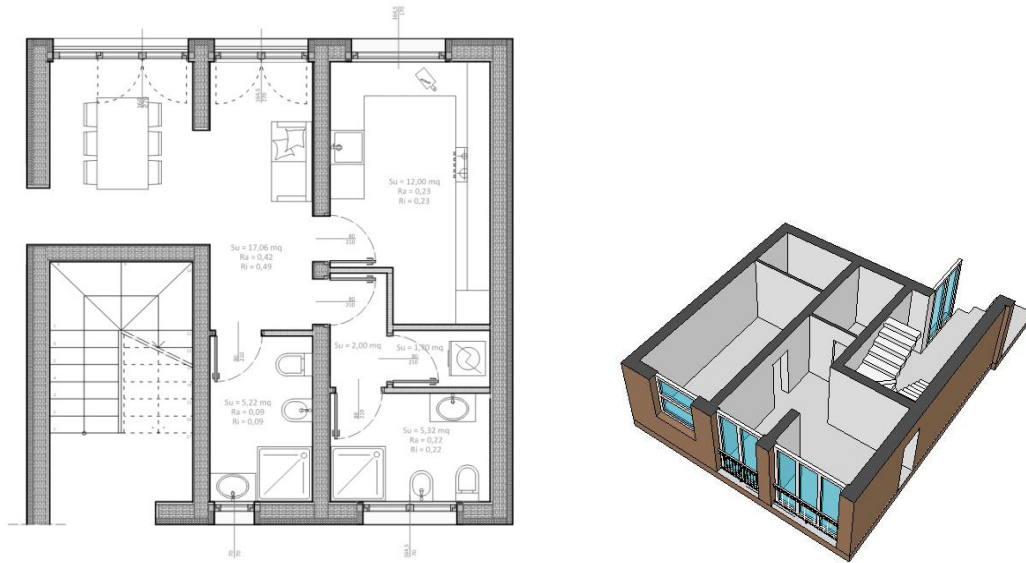


Figura 5.27: Ampliamento appartamento esistente

Le soluzioni ottenute invece per il caso di bilocale con affaccio sul lato nord-ovest sono le seguenti:

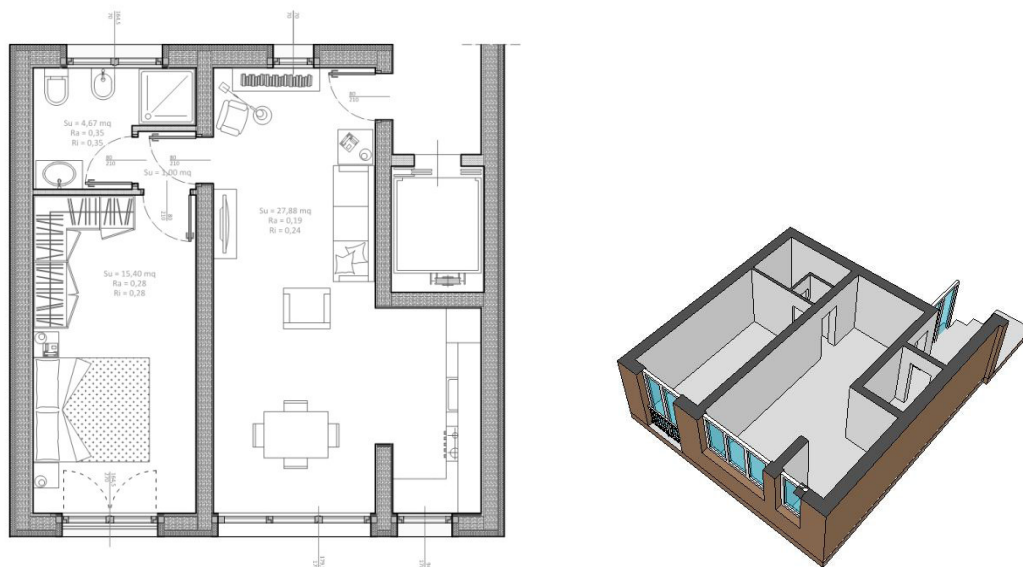


Figura 5.28: Bilocale senza logge

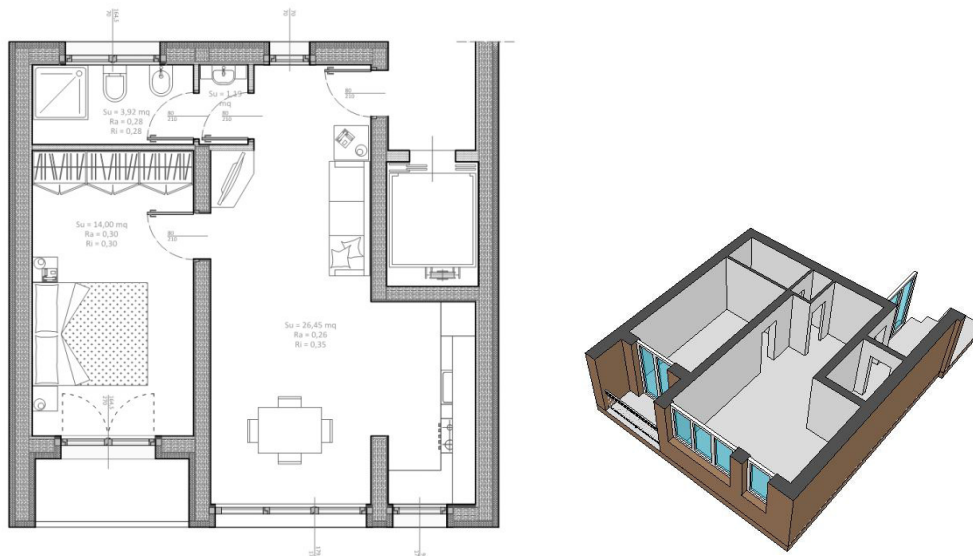


Figura 5.29: Bilocale con loggia a sinistra

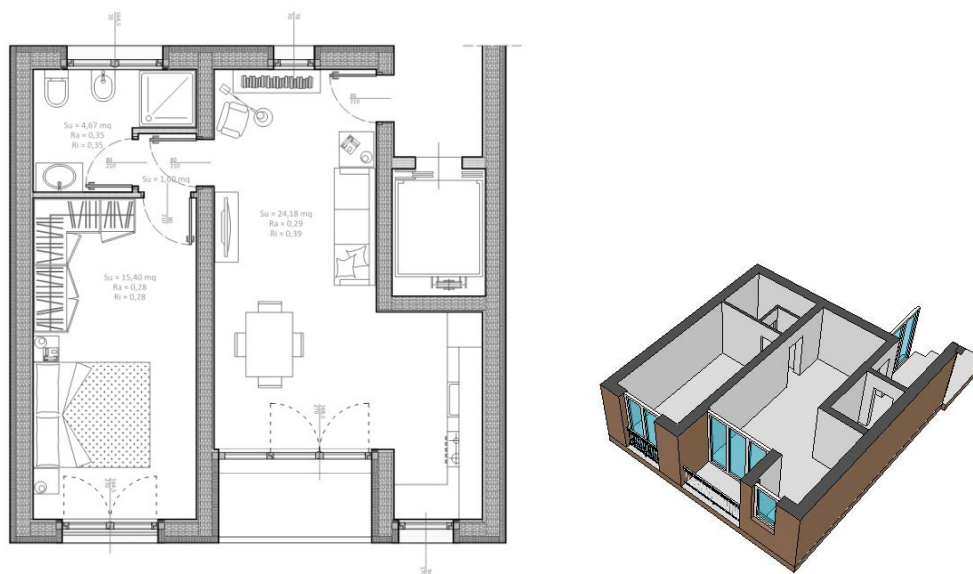


Figura 5.30: Bilocale con loggia centrale

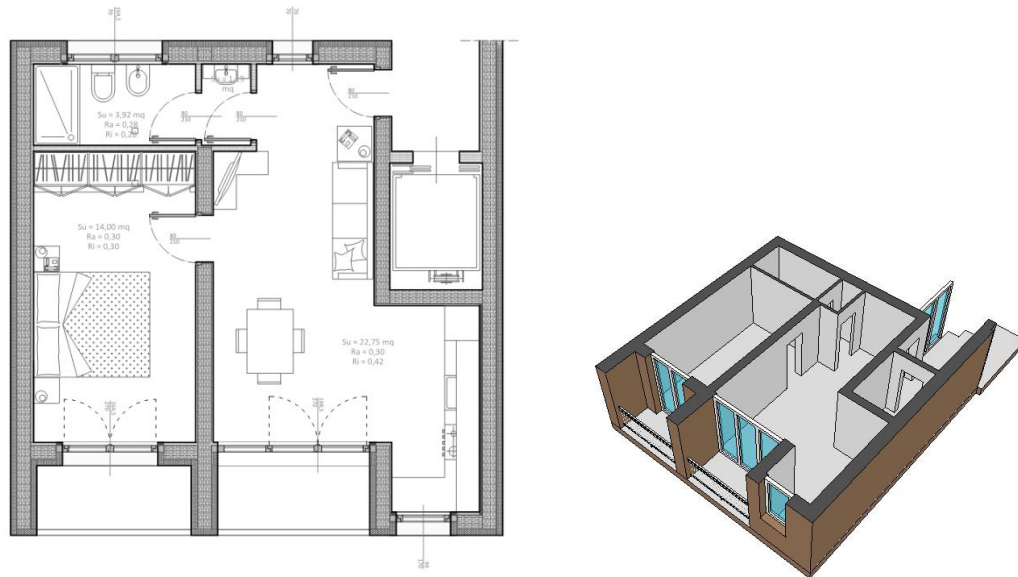


Figura 5.31: Bilocale con doppia loggia

Per la soluzione del trilocale con affaccio sempre sul lato nord-ovest è stata sviluppata un'ipotesi di appartamento anche in questo caso come in quello relativo all'edificio collocato sulla facciata a sud-est, su due piani, collegati tramite scala interna:

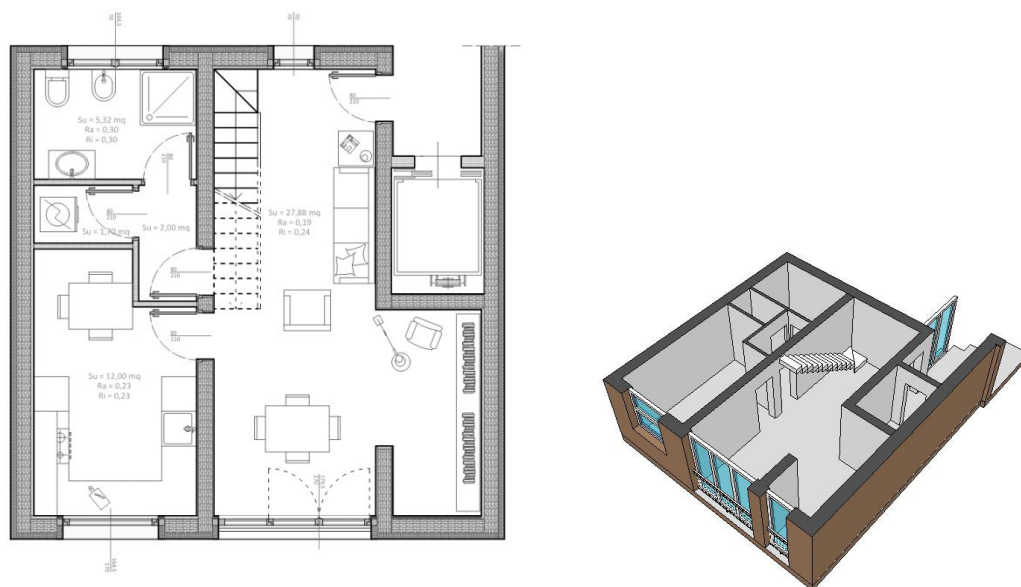


Figura 5.32: Trilocale zona giorno senza logge



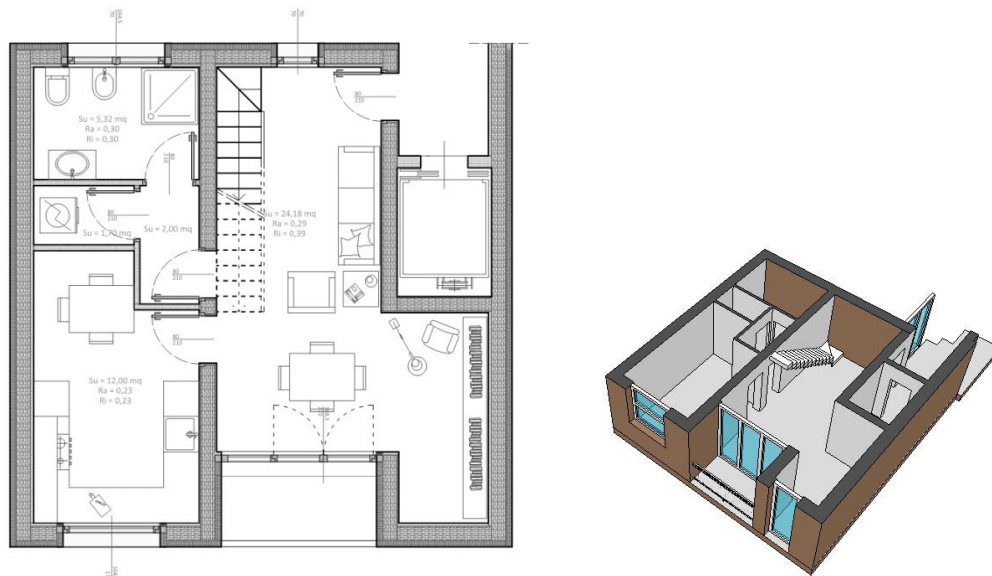


Figura 5.33: Trilocale zona giorno con loggia centrale

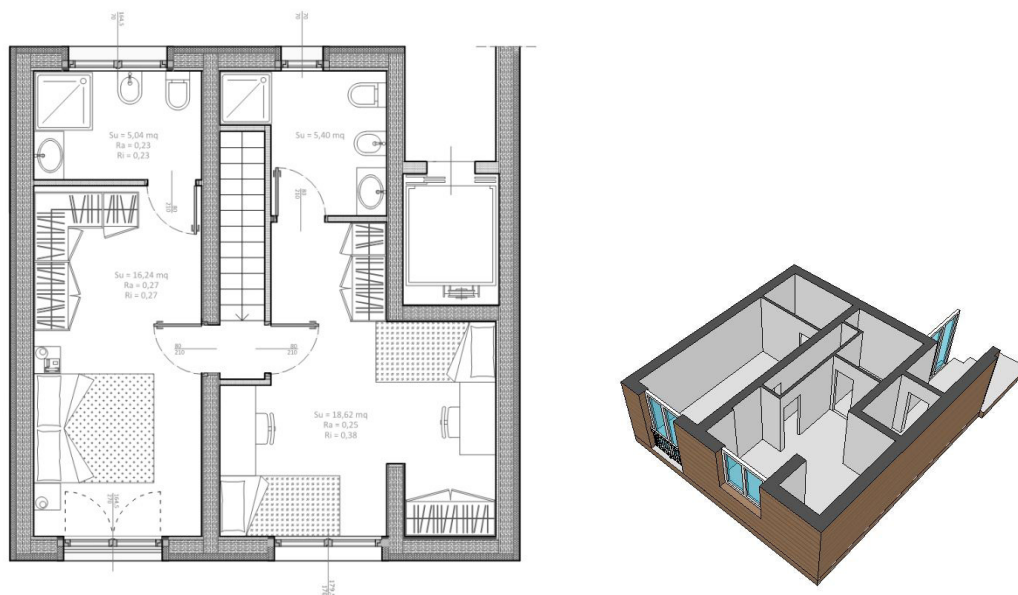


Figura 5.34: Trilocale zona notte senza logge

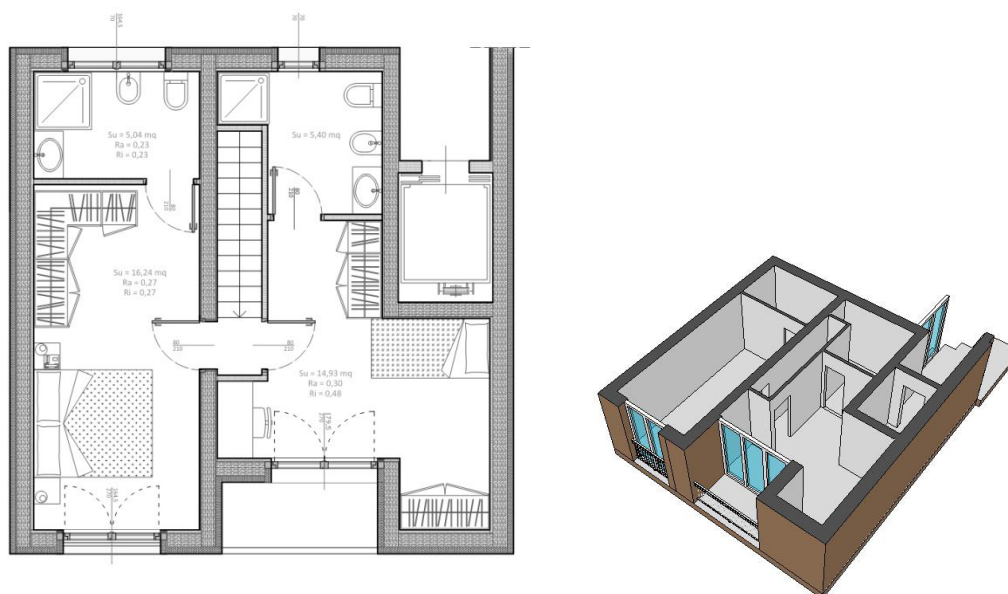


Figura 5.35: Trilocale zona notte con loggia centrale

Infine per la soluzione di ampliamento dell'appartamento esistente è stata sviluppata la seguente soluzione:

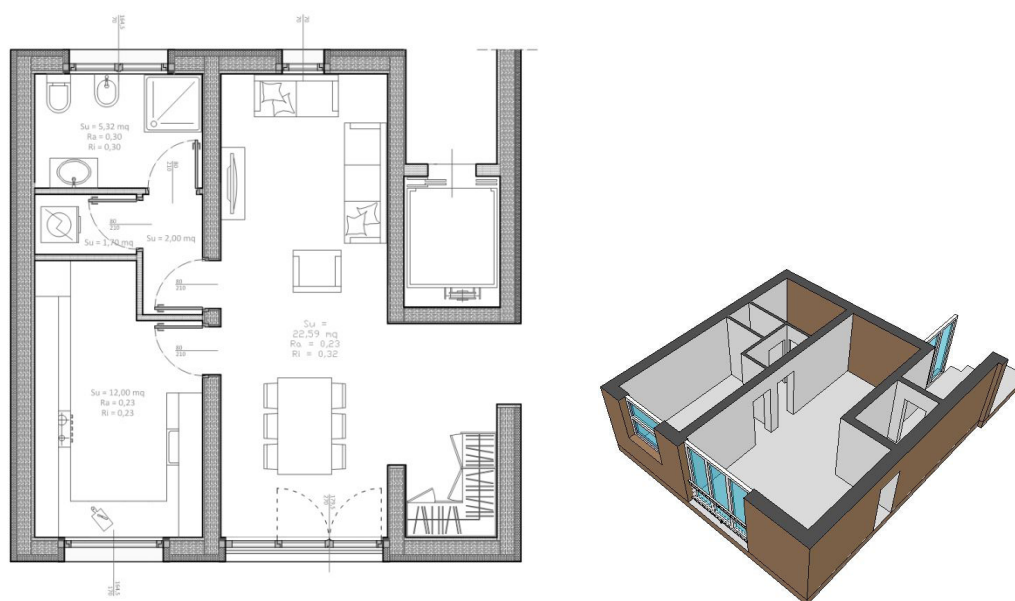


Figura 5.36: Ampliamento appartamento esistente

Grazie alla modularità dei blocchi abitativi sopra elencati, è possibile quindi comporre le varie tipologie di abitazioni (bilocali, trilocali o ampliamenti) in svariate combinazioni.

E' possibile in questo modo avere una varietà uniforme delle differenti soluzioni, piuttosto che la prevalenza di una o di alcune delle soluzioni, in funzione delle richieste, garantendo quindi sempre la possibilità di adeguare il progetto alle esigenze della committenza.





*Figura 5.37: Possibili ipotesi di composizione delle diverse tipologie abitative facciata sud-est*



*Figura 5.38: Possibili ipotesi di composizione delle diverse tipologie abitative facciata nord-ovest*

## **5.2 L'organizzazione costruttiva dell'edificio di addizione**

Al fine di garantire un livello qualitativo sia dal punto di vista architettonico che dal punto di vista energetico ed ambientale, la scelta dei materiali da costruzione per la realizzazione del progetto è ricaduta su quella gamma di prodotti che attualmente garantiscono livelli di prestazioni energetiche e ambientali di notevole rilevanza.

In merito alla struttura portante, la scelta è ricaduta sul sistema costruttivo XLam.

Inoltre sono stati previsti diversi accorgimenti dal punto di vista dei sistemi di isolamento termoacustico, e degli elementi di chiusura, che garantissero nel complesso livelli di efficienza in accordo con le recenti normative di riferimento accennate nel Capitolo 1.

### ***5.2.1 Il sistema costruttivo XLam***

Il sistema costruttivo per gli edifici e case in legno XLam o CrossLam è un sistema a pannelli massicci la cui sperimentazione e commercializzazione inizia nel mercato austriaco e tedesco alla fine degli anni 90.

In Italia la diffusione di questo prodotto è avvenuta negli ultimi dieci anni, inizialmente impiegandolo come impalcato per solai di copertura e solai di piano, poi in qualche sporadico caso di costruzione interamente realizzata in legno, un utilizzo più consistente avviene solo a seguito del terremoto dell'Aquila del 2009.



*Figura 5.39: Pannelli in XLam*

L'XLam è un sistema costruttivo costituito da pannelli di legno a strati incrociati ed incollati (minimo 3 strati), di spessore e dimensioni molto variabili le cui caratteristiche geometriche dipendono in generale dalle tecnologie delle aziende produttrici ed anche dal dimensionamento statico.

Le tavole, preventivamente piallate e classificate, sono giuntate mediante giunti minidita, tipo finger joint, al fine di garantire la continuità strutturale tra lamelle che compongono i singoli strati.

Lo spessore di un elemento di compensato di tavole a 5 strati solitamente utilizzato per un edificio multipiano (max. 3 piani) senza funzione strutturale è di circa 95 mm.

Lo spessore minimo di pannello-parete (portante) è generalmente di mm 120; questo dipende inoltre dal tipo di prodotto e dalle relative grandezze caratteristiche, tuttavia generalmente non dovrebbe essere mai inferiore a 75 mm. Con pannelli di compensato di tavole a 5 strati di spessore compreso tra 125 mm e 160 mm, a seconda della struttura del pannello e del solaio nonché dell'entità delle sollecitazioni, si possono coprire luci di 4,0-5,0 m, in modo economico. Per luci maggiori ed elementi di parete di altezza maggiore privi di sostegni intermedi sono indicati pannelli nervati con travi incollate di lamellare o sezioni a cassone con montanti di lamellare.

Il numero degli strati deve essere sempre dispari a partire da 3 (3-5-7 ecc.), solitamente si consiglia un numero minimo di 5 strati. In linea di massima maggiore è il numero degli strati e maggiore è la portata e la stabilità del pannello.

Gli elementi massicci di parete, solaio e copertura possono essere prodotti esattamente e singolarmente in base alle indicazioni di progetto e possono essere collegati con sistemi di connessioni semplici e standardizzati. Vengono a mancare, quindi, quelle lunghe e complicate operazioni di finitura e di montaggio in cantiere. Isolamento, rivestimenti ed elementi di facciata possono essere facilmente fissati agli elementi in compensato di tavole (montaggio rapido).

È possibile anche la combinazione con altri sistemi costruttivi (ad esempio realizzazione del solaio di piano più alto come solaio a trave inflessa, con struttura di copertura disposta su di esso, o come elemento di pacchetti di tavole).

La struttura del pannello ottenuta mediante incollaggio di tavole incrociate per elevata valenza prestazionale permette una totale stabilità dimensionale conferendo al prodotto una rigidità che lo rendono adeguato agli impieghi strutturali più spinti.

Le costruzioni di tipo massiccio con legno compensato di tavole sono caratterizzate dall'impiego di elementi massicci piani multistrato con funzione portante, nei quali le dimensioni lungo entrambi gli assi principali sono di gran lunga maggiori dello spessore.

Gli elementi piani portanti di compensato di tavole assumono, in base alle condizioni di carico, funzione portante di piastre e/o lastre. La struttura della sezione trasversale del compensato di tavole (pannelli monostrato disposti di solito alternativamente ad angolo retto l'uno rispetto all'altro) permette di ottenere con un unico pannello una capacità portante nelle due direzioni principali del loro piano. A seguito della capacità di ripartizione trasversale dei carichi, che dipende dalla struttura della sezione, è possibile in ogni punto l'assorbimento di carichi concentrati.

Le possibilità di impiego del compensato di tavole in edilizia residenziale sono caratterizzate dalla varietà dei prodotti e degli elementi costruttivi. Infatti non solo possono essere realizzati solai, pareti interne ed esterne ed elementi di copertura di grandi dimensioni ma anche solette per scale e balconi, nonché elementi strutturali di tipo lineare come architravi e colonne.

Il pannello XLam è ottimo come elemento parete, solaio e di copertura in edifici anche multipiano, in edifici pubblici, asili e scuole, edifici commerciali, direzionali e logistici e in costruzioni ad elevata modularità.



*Figura 5.40: Edificio in XLam*



Questo tipo di sistema costruttivo è da preferire rispetto ai sistemi costruttivi classici poiché presenta diversi aspetti positivi, tra cui la velocità di costruzione (grazie infatti all'elevata ingegnerizzazione del processo produttivo, sono possibili montaggi rapidi e di grande precisione, diminuendo i tempi di costruzione grazie alla posa a secco mediante connessioni meccaniche), la flessibilità di impiego (adattabile a molteplici situazioni), la modularità, un forte beneficio in termini di superficie netta fruibile (grazie agli spessori strutturali ridotti), la realizzazione di edifici a basso consumo energetico, la sicurezza sismica degli edifici, la realizzazione di architetture sostenibili ed ecologiche, la previsione dei costi già in fase di progettazione, il rapporto molto favorevole tra peso proprio e resistenza strutturale, la possibilità di trasformazione successiva del fabbricato ed infine la possibilità di un eventuale smontaggio e riutilizzo del fabbricato.

Grazie al favorevole rapporto peso-prestazioni, i pannelli XLam si adattano perfettamente anche al risanamento o all'innalzamento di edifici; inoltre garantiscono un'altissima tenuta all'aria, un buon isolamento termico invernale ed estivo, l'assenza di emissioni tossiche, la buona regolazione del livello di umidità nell'aria degli ambienti ed infine il legno può ben assorbire o rilasciare vapore nell'ambiente.

Il comportamento sismico di un edificio in legno realizzato con pannelli XLam è quello di una struttura scatolare con diaframmi di piano e pareti collegati mediante elementi meccanici. In questo caso le pareti hanno il compito di assorbire le sollecitazioni verticali ed orizzontali (carichi verticali, sisma e vento). Il collegamento fra la struttura in legno ed i muri in c.a. viene assicurato mediante opportune piastre e barre filettate in acciaio o tasselli a pressione.

A causa però della sua recente diffusione sul mercato delle strutture in legno, mancano ad oggi esaustivi riferimenti normativi specifici, tanto che il calcolo di tale tipo di strutture viene condotto sulla base della letteratura scientifica e di studi a riguardo.

Inoltre il pannello XLam, non essendo contemplato né come legno lamellare, né come legno massiccio, rientra nella categoria “Altri prodotti derivati dal legno per uso strutturale” come riportato nel paragrafo 11.7.6 del D.M. 14.01.2008 (NTC 2008) e per il quale le Aziende Produttrici devono essere in possesso della Marcatura CE o di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### ***5.2.2 Gli elementi di chiusura***

Stabilita quindi la scelta di impiego dell'XLam come metodo costruttivo, si è proceduto innanzi tutto al dimensionamento degli spessori degli elementi portanti.

Una volta stabilite le dimensioni degli elementi portanti è stata valutata la stratigrafia dei muri al fine di garantire livelli di trasmittanza in accordo le normative.

A tale scopo è stato preso in considerazione il Decreto interministeriale del 26 giugno 2015 che stabilisce i valori massimi di trasmittanza degli edifici nuovi in relazione alla tipologia di elemento di chiusura considerato e alla zona climatica di intervento.

A tale proposito si rimanda al Capitolo 1.

I pannelli portanti in legno vengono pertanto rivestiti sia internamente che esternamente con isolanti in grado di garantire le trasmittanze da normativa.

Esternamente viene installato un “cappotto” isolante di idoneo spessore, completato da una parete di finitura di tipo ventilato, costituita da una camera d'aria e da un rivestimento fissato alla struttura portante mediante appositi dispositivi. Internamente invece, la parete è opportunamente protetta attraverso l'installazione di adeguati freni vapore e membrane traspiranti; è prevista anche la realizzazione di un'intercapedine (cavedio/vano tecnico) per consentire il passaggio degli impianti, al cui interno viene posato uno strato di lana di roccia, che ha il compito di fornire un ulteriore isolamento termoacustico, ed il tutto completato con un pannello di finitura in cartongesso o gessofibra. (Figura 5.41).



*Figura 5.41: stratigrafia del muro esterno*

Nella figura sottostante è possibile verificare i valori di trasmittanza relativi alla stratigrafia della parete confinante con l'esterno.

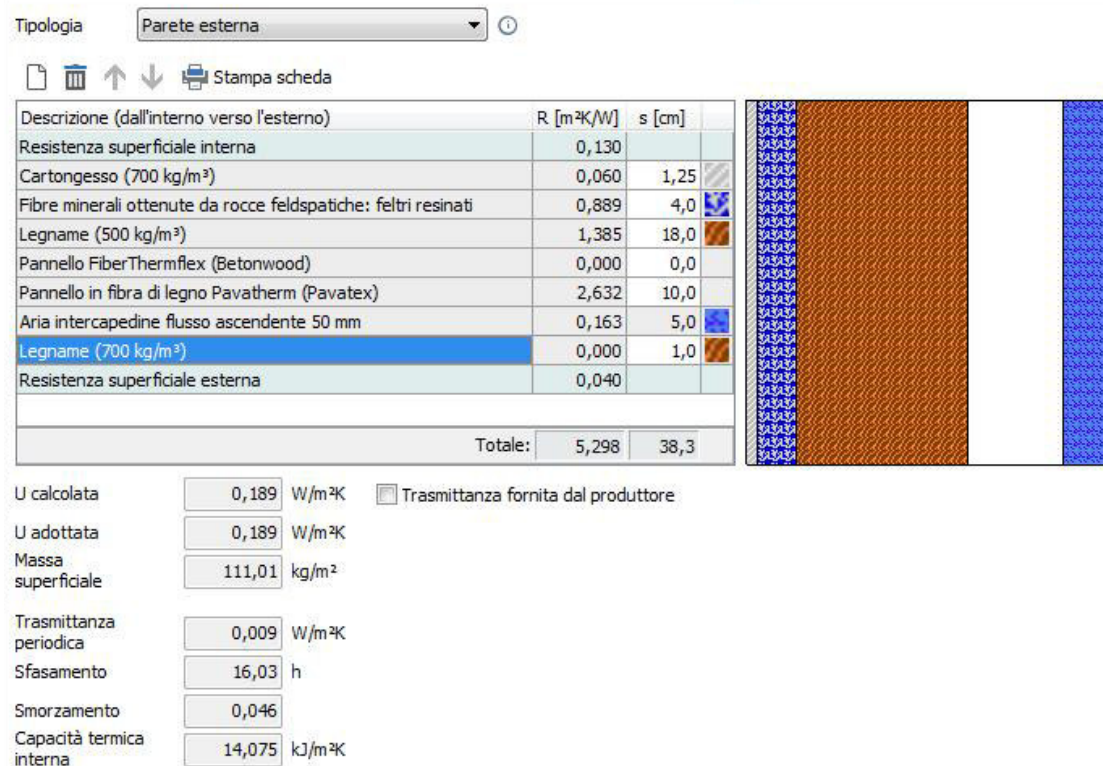


Figura 5.42: Valori di trasmittanza relativi al muro esterno

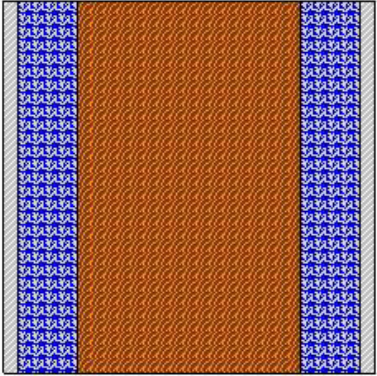
Per quanto riguarda i muri interni invece si prevede il rivestimento su entrambi i lati della struttura portante con adeguati freni vapore e membrane traspiranti; è prevista poi la realizzazione di un'intercapedine (cavedio/vano tecnico) per consentire il passaggio degli impianti, al cui interno viene posato uno strato di lana di roccia, che ha il compito di fornire un ulteriore isolamento termoacustico, ed il tutto completato con un pannello di finitura in cartongesso o gessofibra.



Tipologia Parete interna ⓘ

📄 🗑️ ⬆️ ⬇️ 🖨️ Stampa scheda

Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	R [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]	s [cm]	
Resistenza superficiale interna	0,130		
Cartongesso (700 $\text{kg}/\text{m}^3$ )	0,060	1,25	
Fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche: feltri resinati	1,056	4,75	
Legname (500 $\text{kg}/\text{m}^3$ )	1,385	18,0	
Fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche: feltri resinati	1,056	4,75	
Cartongesso (900 $\text{kg}/\text{m}^3$ )	0,050	1,25	
Resistenza superficiale esterna	0,130		
<b>Totale:</b> 3,865 30,0			



U calcolata 0,259  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  ☐ Trasmittanza fornita dal produttore

U adottata 0,259  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Massa superficiale 112,85  $\text{kg}/\text{m}^2$

Trasmittanza periodica 0,021  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Sfasamento 12,93 h

Smorzamento 0,080

Capacità termica interna 13,351  $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$

Figura 5.43: Valori di trasmittanza relativi al muro interno

Anche per i solai è previsto l'impiego del sistema costruttivo xlam.

Per la realizzazione del solaio tipo si prevede, a partire dalla struttura portante, la seguente successione dei vari strati: un massetto in sabbia-cemento per la collocazione degli impianti, uno strato di pannelli in fibra di legno per l'isolamento termico, un massetto di sabbia-cemento per la collocazione del riscaldamento a pavimento, uno strato fono isolante ed infine il pavimento.

Nella parte sottostante la struttura portante del solaio è invece prevista la realizzazione di un'intercapedine (cavedio/vano tecnico) per consentire il passaggio degli impianti, al cui interno viene posato uno strato di lana di roccia, che ha il compito di fornire un ulteriore isolamento termoacustico, ed il tutto completato con un pannello di finitura in cartongesso o gessofibra.

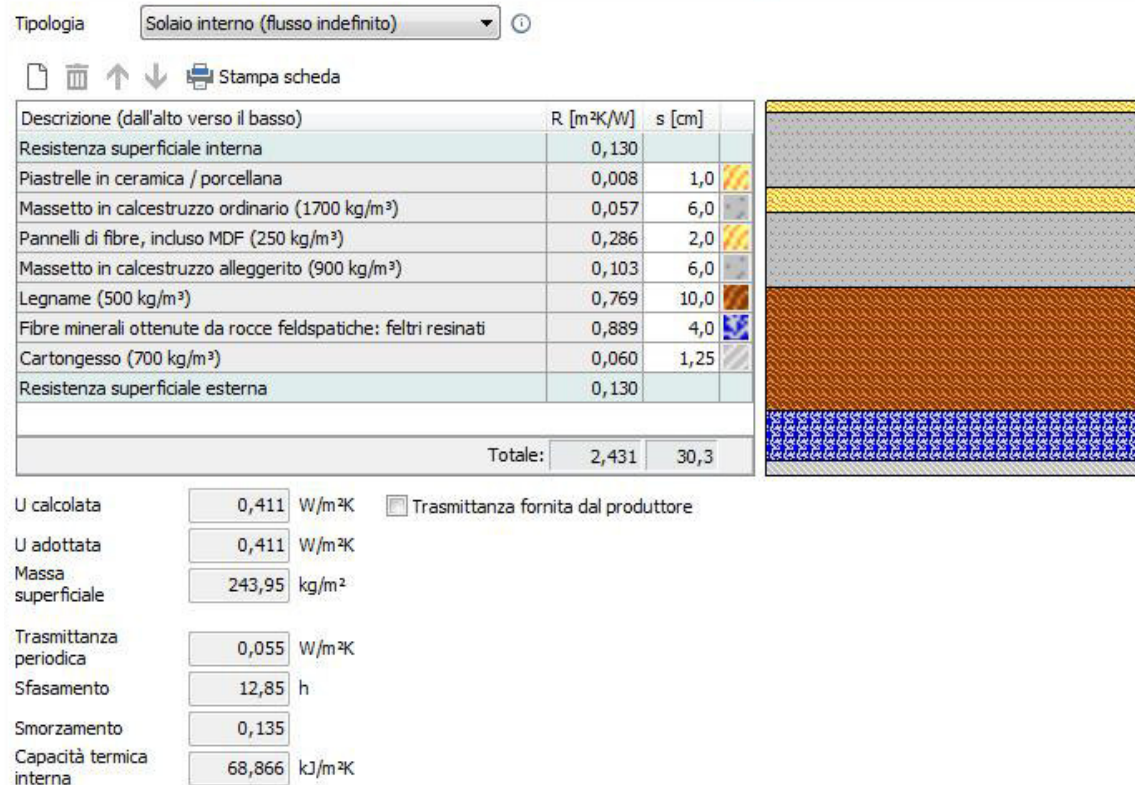


Figura 5.44: Valori di trasmittanza relativi al solaio tipo

Anche i solai di copertura vengono realizzati con l'impiego dell'Xlam sul vengono poi realizzati in ordine i seguenti strati: un foglio di materiale sintetico freno vapore, un successivo strato di pannelli in fibra di legno per l'isolamento termico, uno strato realizzato con una listellatura incrociata per permettere la ventilazione della copertura (il listello fissato all'isolamento sarà realizzato inclinato (1%) per realizzare la pendenza della copertura), uno strato di assito in abete fissato al sottostante travetto, uno strato di carta catramata ed infine la pavimentazione di finitura.

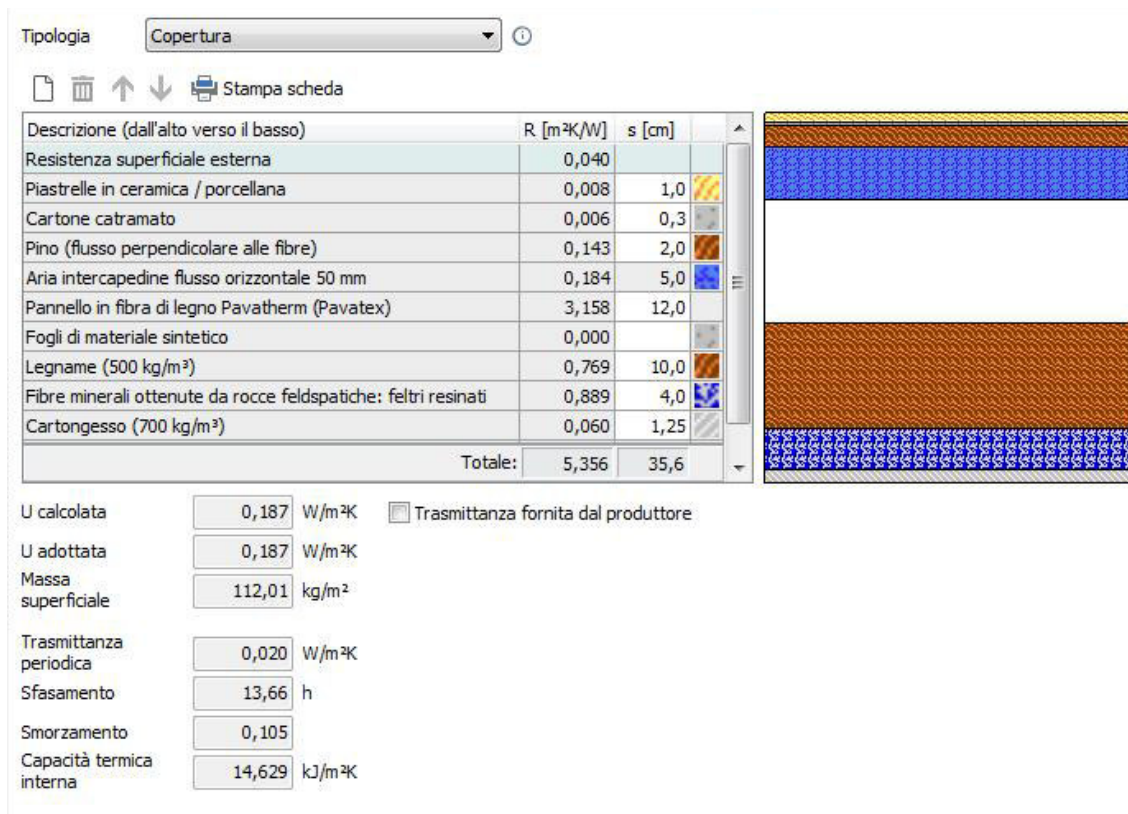


Figura 5.45: Valori di trasmittanza relativi al solaio di copertura

### 5.2.3 Gli infissi

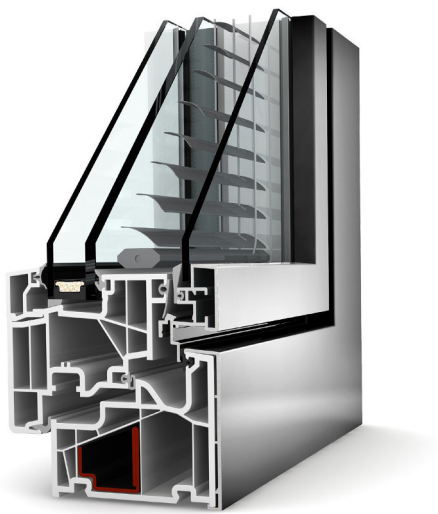
Come infissi si prevede l'installazione di infissi in alluminio dello stesso tipo di quelli previsti per l'edificio esistente, con doppia vetrocamera basso emissivi del tipo 4 – 16 – 4 – 16 – 4 al 90% di argon, che offrono un elevato risparmio energetico ed un efficace isolamento acustico e comfort abitativo.

Al fine comunque di garantire un corretto ombreggiamento ed una corretta regolazione della luce interna e del calore, è stato previsto anche in questo caso il montaggio di infissi con dispositivo di ombreggiamento integrato, ovvero dotati di veneziana inserita all'interno del telaio, in zona protetta, all'interno di una terza camera apribile ed ispezionabile che possa consentire in questo modo una corretta manutenzione della veneziana.

Poiché la veneziana non richiede l'installazione di uno specifico cassonetto, si possono realizzare finestre più alte, ottenendo ambienti più luminosi.

Sul lato esterno, l'anta a scomparsa amplifica la superficie vetrata, per donare massima luminosità agli ambienti interni. Anche quando si combinano campi fissi con ante apribili, l'impatto visivo complessivo risulta simmetrico, conferendo all'edificio uno stile caratterizzato da leggerezza e pulizia formale.

Il valore di trasmittanza termica, certificato in laboratorio, raggiunge un eccellente valore di  $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , con doppio vetro e canalina distanziale ad elevato isolamento termico di serie. A veneziana chiusa il valore energetico (valore g) è di soli 0,12. L'abbattimento acustico, pari a 45 dB, è garantito da ampie intercapedini fra le singole lastre di vetro e dal terzo vetro dell'anta accoppiata.



*Figura 5.46: Infisso con triplo vetro e sistema di ombreggiamento integrato*



## **6. Le alternative di completamento dell'edificio esistente**

La tecnica di addizione alle strutture esistenti si dimostra nel complesso una buona strategia per il recupero dell'esistente in quanto le opere più importanti interessano l'involucro esterno dell'edificio.

In questo modo è possibile quindi programmare l'intervento anche in presenza degli utenti, evitando così il trasferimento degli abitanti e riducendo al minimo il loro disagio durante la fase del cantiere.

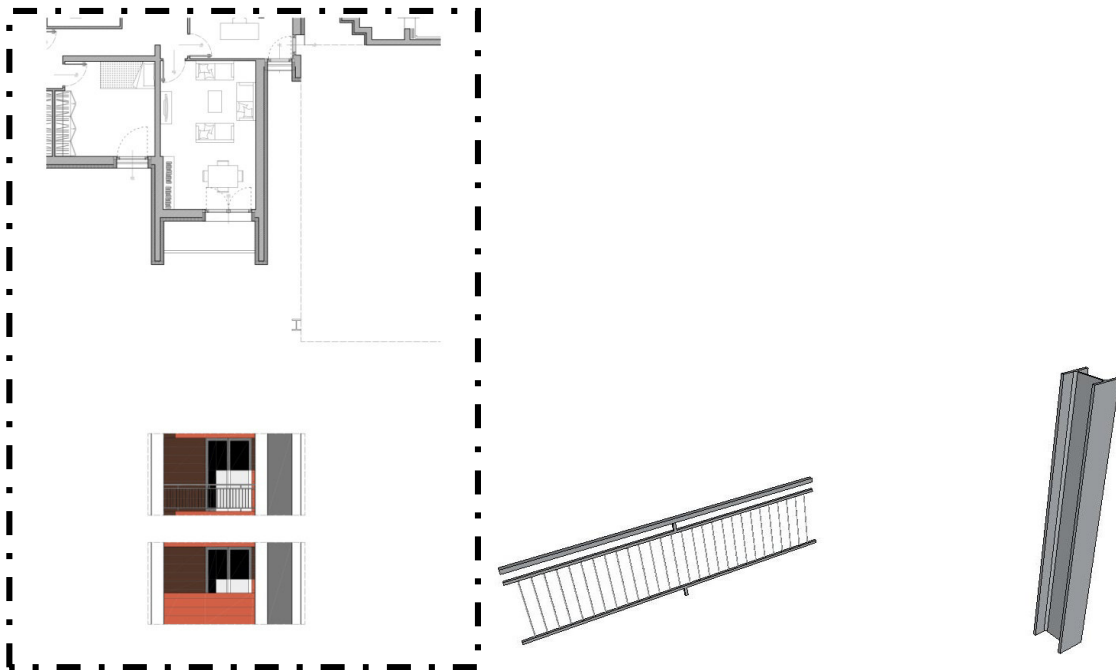
D'altro canto, intervenendo sul tessuto edificato, nasce la necessità di dover superare tutte le difficoltà tecniche e logistiche derivanti dall'operare in un ambito continuamente fruito dagli abitanti degli edifici stessi, richiedendo maggiori sforzi di innovazione sui processi costruttivi e sulle misure di sicurezza del cantiere.

Inoltre, è necessario tenere in considerazione che l'intervento di addizione di un nuovo edificio a quello esistente può sollevare opposizioni da parte degli inquilini e proprietari degli immobili dello stabile oggetto intervento e di addizione, che potrebbero percepire queste opere come un elemento di intaccamento e lesione dei propri diritti ed invasione della loro proprietà.

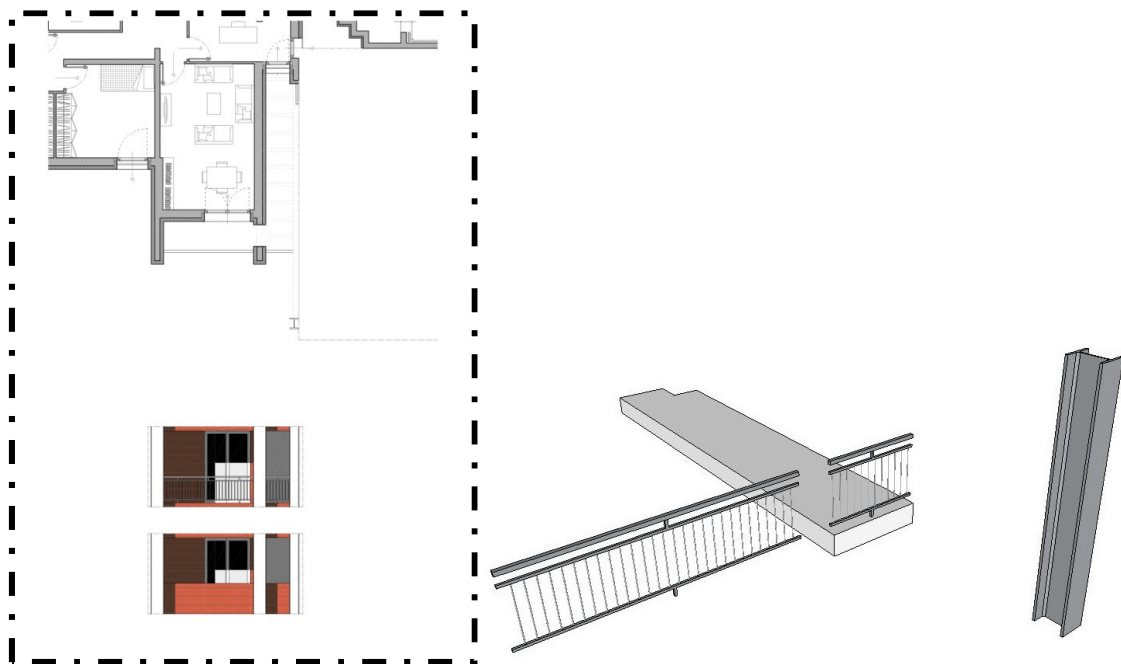
Inoltre bisogna considerare che l'operazione di densificazione comporta necessariamente l'aumento delle problematiche legate alla gestione condominiale, in quanto può alterare i precedenti equilibri sociali che si sono instaurati nel tempo all'interno dell'immobile, aumentare i problemi relativi alla gestione dell'edificio, nonché il sovraccarico di utenti nelle zone destinate ad un utilizzo comune come ad esempio i vani scala ed ascensore e le altre aree di pertinenza dell'immobile.

Al fine pertanto di ricompensare almeno in minima parte i proprietari, in quanto lesi dalla realizzazione di un nuovo edificio in aderenza a quello esistente, è stato previsto un intervento anche a livello delle logge esistenti, ricercando soluzioni che potessero migliorare le condizioni di utilizzo di queste pertinenze e che aumentassero il valore degli appartamenti a cui le logge appartengono, grazie alla presenza di ulteriore metratura a servizio dell'alloggio.

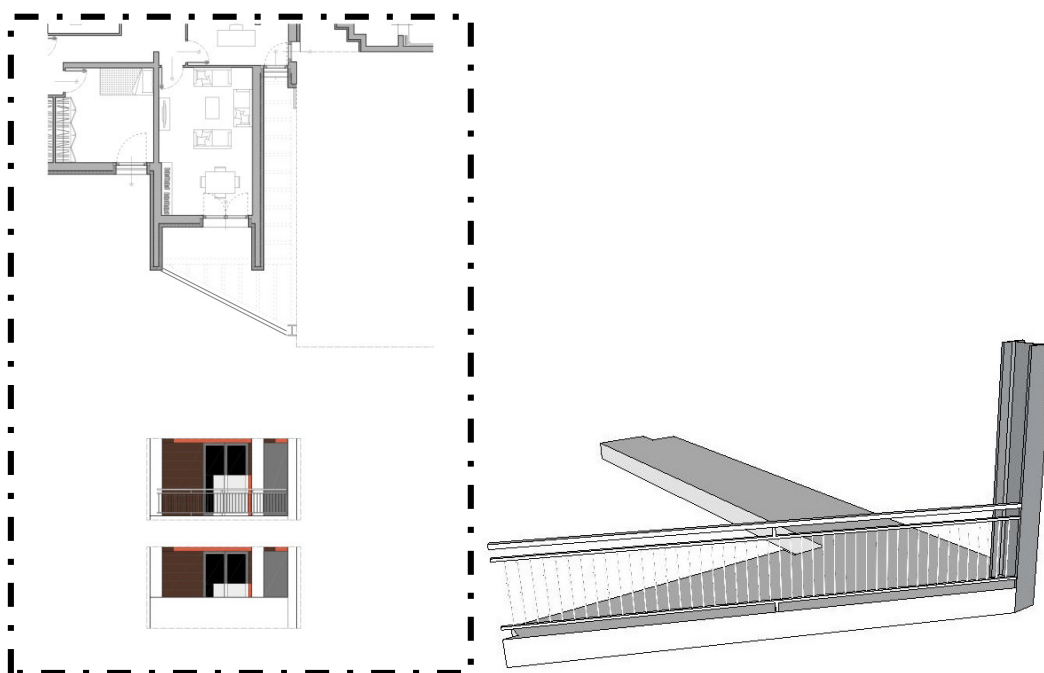
Gli interventi ipotizzati sono stati quattro, al fine di soddisfare al massimo le richieste e necessità dei vari soggetti interessati: opere di riqualificazione architettonica della loggia esistente con mantenimento delle dimensioni attuali (Figura 6.1); opere di riqualificazione della loggia esistente con interventi di ampliamento attraverso la realizzazione di un balcone adiacente alla loggia e connesso a quest'ultima tramite un'apertura (Figura 6.2); opere di riqualificazione della loggia esistente con interventi di ampliamento attraverso la realizzazione di un balcone sia in aggetto che adiacente alla loggia (Figura 6.3); realizzazione di una serra solare, con relativo ampliamento del soggiorno dell'appartamento (Figura 6.4).



*Figura 6.1: Soluzione di mantenimento della loggia esistente*



*Figura 6.2: Soluzione di ampliamento laterale della loggia esistente*



*Figura 6.3: Soluzione di ampliamento laterale e frontale*



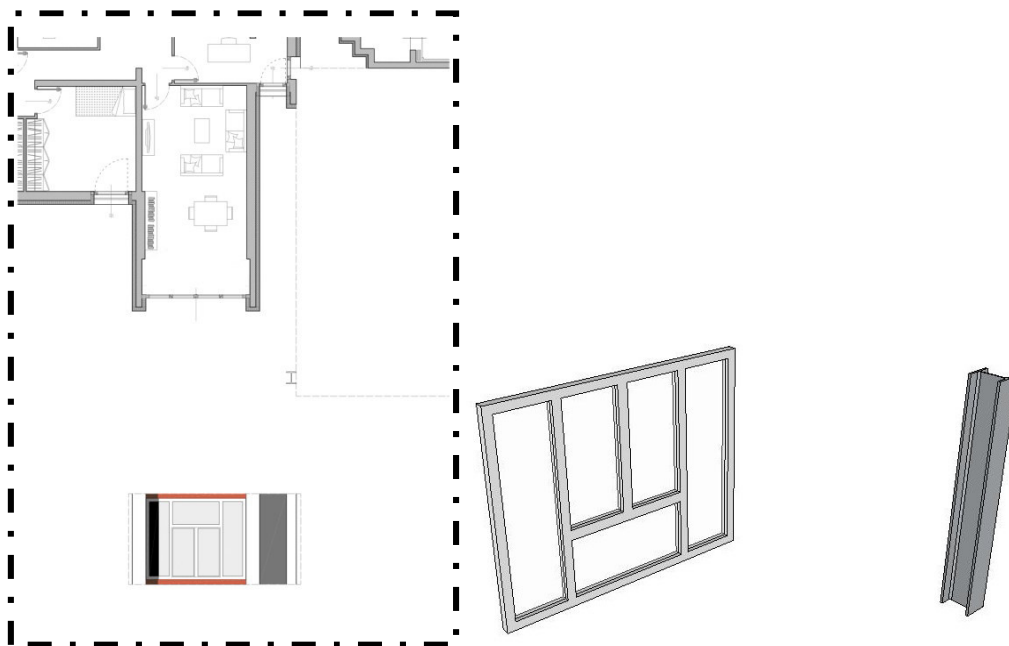


Figura 6.4: Soluzione realizzazione della serra solare

Per la progettazione degli interventi di addizione all'esistente sovra menzionati, si è cercato di standardizzare i vari elementi, fino a renderli completamente modulari e pertanto applicabili a qualsiasi piano e lato dell'edificio.

In questo modo si rendono possibili svariate soluzioni compositive delle facciate ed inoltre si lascia completa flessibilità di intervento a seconda delle esigenze.

Per la soluzione di mantenimento della singola loggia si possono avere ad esempio le seguenti configurazioni:

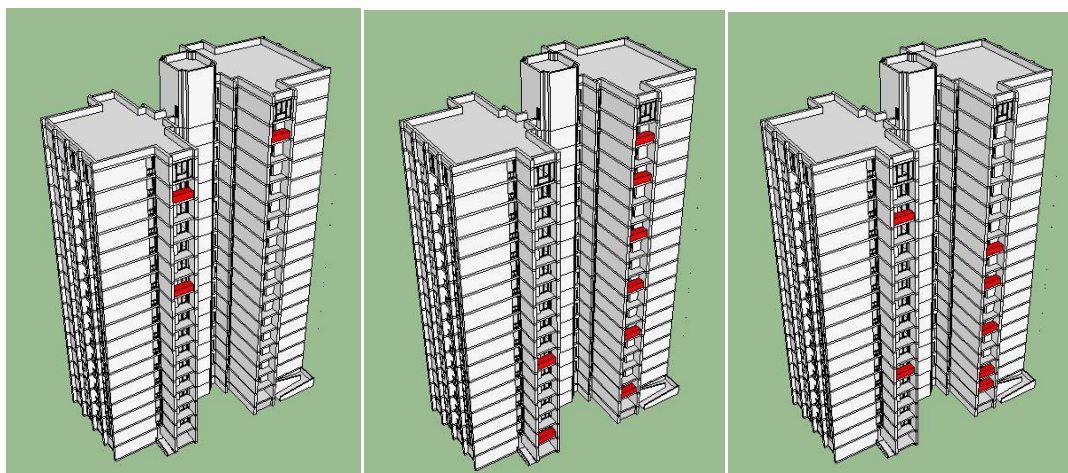
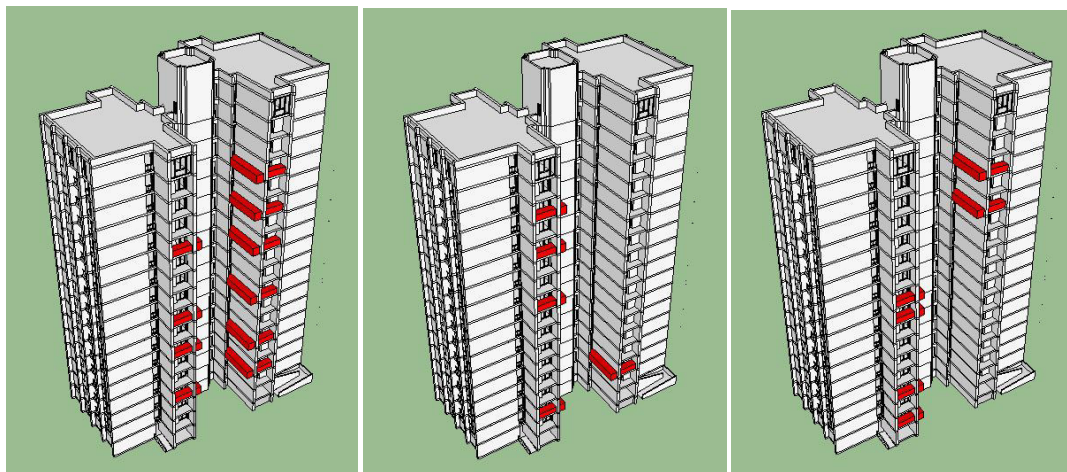


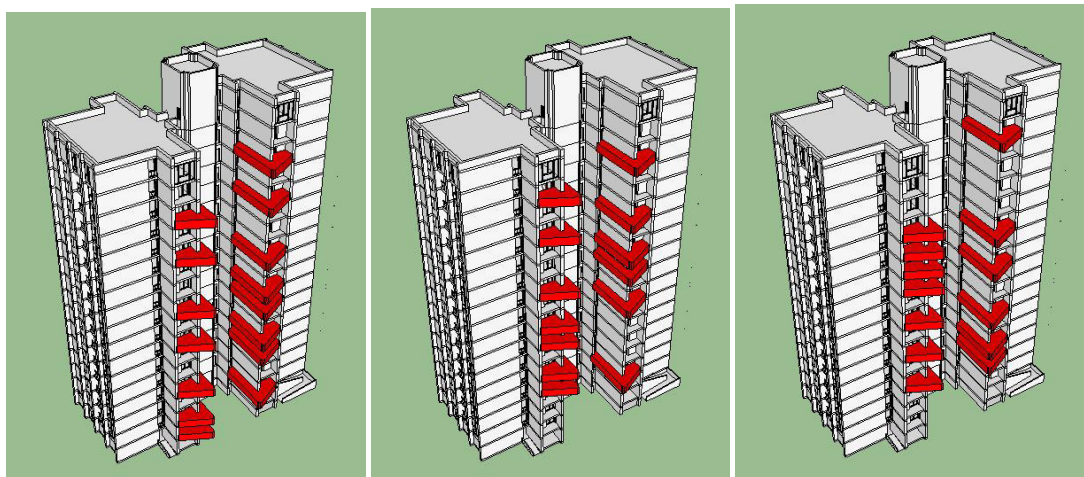
Figura 6.5: Ipotesi di configurazione caso mantenimento della loggia esistente

Per la soluzione di ampliamento della loggia tramite l'aggiunta di un balcone laterale alla loggia stessa si possono avere ad esempio le seguenti configurazioni:



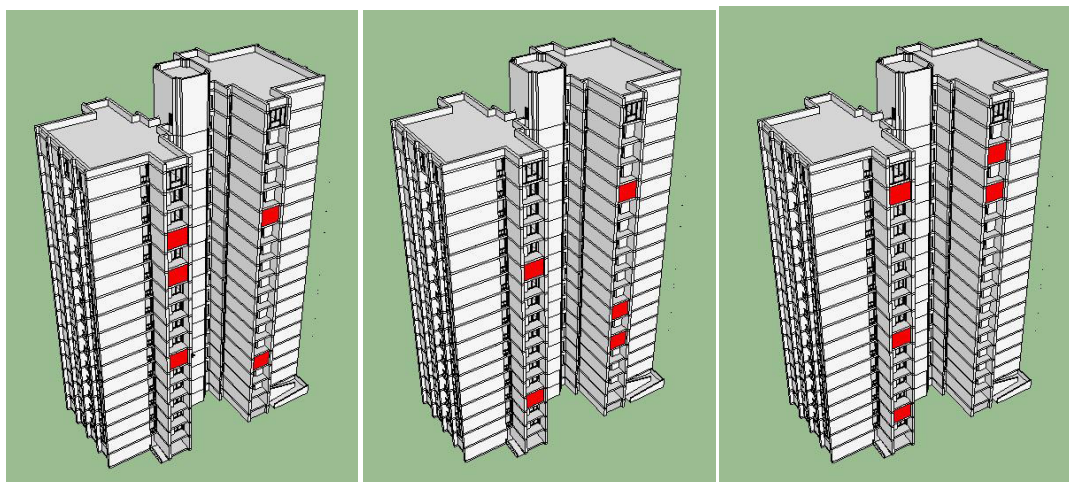
*Figura 6.6: Ipotesi di configurazione caso ampliamento laterale della loggia esistente*

Per la soluzione di ampliamento della loggia tramite l'aggiunta di un balcone laterale e frontale alla loggia stessa si possono avere ad esempio le seguenti configurazioni:



*Figura 6.7: Ipotesi di configurazione caso ampliamento sia laterale che frontale della loggia esistente*

Infine per la soluzione di realizzazione della serra solare si possono avere ad esempio le seguenti configurazioni:



*Figura 6.8: Ipotesi di configurazione caso realizzazione della serra solare*



*Figura 6.47: Possibili ipotesi di composizione delle diverse tipologie di intervento facciata nord-ovest*





*Figura 6.48: Possibili ipotesi di composizione delle diverse tipologie di intervento facciata sud-est*



*Figura 6.49: Render tipologie terrazzit*



## 7. L'impianto fotovoltaico

In un sistema fotovoltaico l'elemento fondamentale è la cella che consente la conversione dell'energia solare in elettrica continua, il cui comportamento può essere rappresentato attraverso una curva caratteristica tensione-corrente, tramite cui si può determinare il punto di esercizio della cella in funzione dei valori di tensione e intensità di corrente. Le curva caratteristica di una specifica cella dipende essenzialmente da tre variabili: intensità della radiazione incidente, temperatura di giunzione e area della cella.

La potenza estraibile dalla cella in condizioni di illuminazione e temperatura prestabilite viene detta watt di picco (Wp). Si sono fissate internazionalmente le condizioni standard di tali parametri denominata standard test condition (STC) che permette rendere paragonabili le varie componentistiche. Tale condizione STC risulta essere a una temperatura di 25°C, irradianza di 1000 W/mq con incidenza ortogonale al piano della cella e spettro della radiazione solare pari a quello riscontrabile in condizione di 1,5 AM, che è lo spessore della massa d'aria atmosferica medio riscontrabile alla latitudine di 45°.

Le tecnologie più diffuse per la produzione di celle fotovoltaiche sono:

- a) silicio monocristallino, in cui ogni cella è realizzata a partire da un wafer la cui struttura cristallina è omogenea;
  - b) silicio policristallino, in cui il wafer di cui sopra non è strutturalmente omogeneo ma organizzato in grani localmente ordinati;
  - c) silicio amorfo, in cui gli atomi di silicio vengono depositi chimicamente in forma amorfa, ovvero strutturalmente disorganizzata, sulla superficie di sostegno. Questa tecnologia impiega quantità molto esigue di silicio con spessori dell'ordine del micron.
- Sono presenti sul mercato o in fase di studio anche altre tecnologie, spesso costose e quindi non applicabili su vasta scala. Una delle più interessanti è quella che utilizza l'arseniuro di gallio, avente costo elevato ma caratterizzato da elevati rendimenti e per questo utilizzato per applicazioni militari e aeronautiche



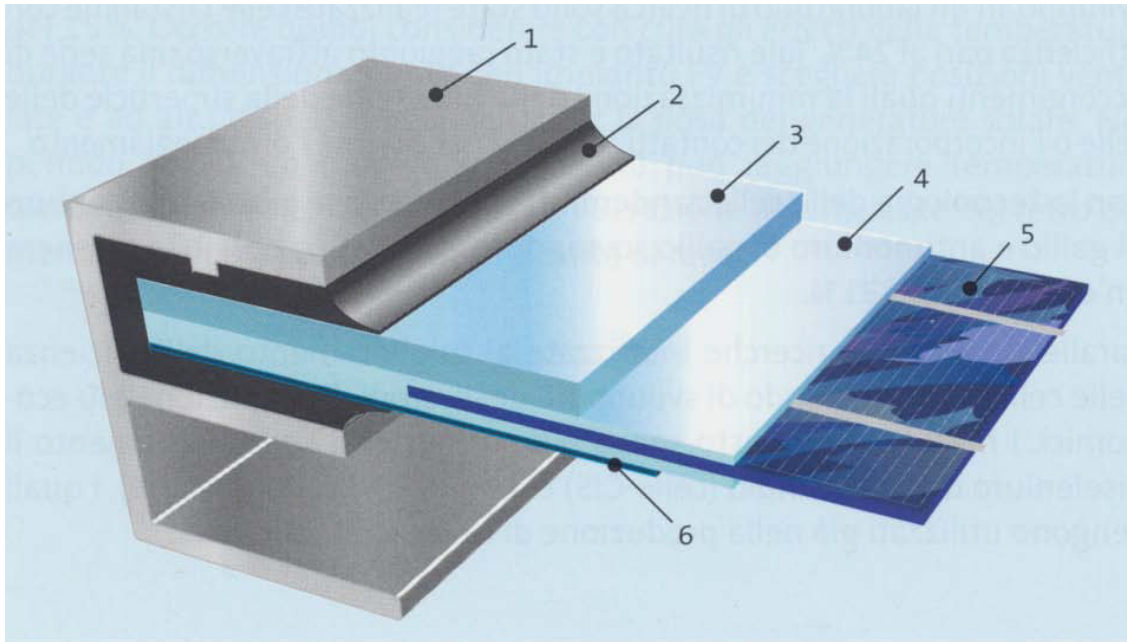


Figura 7.1: Struttura fotovoltaico. 1) Cornice in alluminio; 2) Sigillante; 3) Vetro; 4) Rivestimento in etilene vinil acetato (EVA); 5) Cella; 6) Foglio retro di Tedlar

Come si è detto quindi la cella è l'elemento fondamentale per la conversione di energia, bisogna notare come essa sia in grado di produrre una piccola quantità di energia. Si introduce così il concetto di modulo o pannello fotovoltaico, in cui vengono messe in serie o in parallelo diverse celle su un supporto generalmente metallico (Figura 7.1). Per motivi costruttivi, il rendimento dei moduli fotovoltaici è in genere inferiore o uguale al rendimento della loro peggior cella. Con rendimento si intende la percentuale di energia captata e trasformata rispetto a quella totale giunta sulla superficie del modulo.

Per le tecnologie indicate attualmente in commercio si riscontrano mediamente i seguenti rendimenti:

- a) moduli a silicio monocristallino 13-17%;
- b) moduli a silicio policristallino 12-14%;
- c) moduli a silicio amorfo 6-10%.

Un impianto fotovoltaico viene costituito collegando insieme diversi moduli fotovoltaici in serie realizzando la cosiddetta stringa, la quale collegata ad altre stringhe, crea l'impianto. La potenza nominale o di picco dell'impianto è data dalla somma delle potenze dei moduli che lo compongono.

Se il collegamento dei moduli avviene in parallelo si ottiene una corrente pari alla somma delle correnti dei singoli moduli e una tensione pari alla tensione di un singolo modulo, mentre se il collegamento avviene in serie si ottiene una tensione pari alla

somma delle tensioni dei singoli moduli e una corrente pari alla corrente di un singolo modulo. Per impianti non soggetti a ombreggiamento è preferibile scegliere il collegamento in serie in quanto consente un montaggio più semplice dei moduli, sezioni dei cavi più piccole grazie alla maggiore tensione dell'impianto e minori perdite di energia. I moduli o le stringhe vanno collegati in parallelo invece se l'impianto presenta delle zone parzialmente ombreggiate, o se occorre utilizzare moduli con prestazioni diverse fra loro oppure ancora se occorre limitare le tensioni di esercizio entro certi limiti. Le principali tipologie di impianto sono:

- a) sistemi isolati;
- b) sistemi connessi alla rete;
- c) sistemi a utilizzo diretto.

I sistemi isolati o stand alone sono quelli che alimentano utenze isolate non servite dalla rete elettrica, spesso perché non economicamente conveniente raggiungere l'utenza con gli allacci. In questi casi il sistema è dotato di batterie in grado di accumulare energia per qualche giorno.

I sistemi connessi alla rete o grid connected sono quelli in cui oltre all'impianto di generazione solare l'edificio è connesso alla rete elettrica, così da fornire energia elettrica nei periodi di scarsa disponibilità e da prelevare quella in eccesso nei periodi di alta produzione. In questo caso saranno presenti due contatori nell'impianto, uno per l'energia immessa in rete e uno per quella prelevata, e il consumo effettivo sarà dato dalla differenza dei due. È questo il caso di impianto più diffuso nell'edilizia.

I sistemi a utilizzo diretto sono quei casi più rari in cui l'energia viene prodotta e utilizzata direttamente senza l'utilizzo di accumulatori o sistemi ausiliari di integrazione del fabbisogno.

In tutti i casi presentati il sistema sarà dotato di un convertitore di energia da corrente continua a corrente alternata, che è quella comunemente utilizzata nelle reti elettriche e dagli apparecchi domestici, detto inverter. L'importanza dell'inverter risiede anche nel fatto che un generatore fornisce valori di tensione e corrente variabili in funzione di temperatura e irraggiamento, mentre il carico necessita solitamente di un valore costante della tensione di alimentazione. Anche la disposizione dell'inverter determina il tipo di organizzazione dell'impianto:

- a) inverter centralizzato (da 1 kW a 1000 kW di potenza nominale) (Figura 7.2, Figura 7.3);

b) inverter di stringa per il collegamento in serie di più stringhe (da 0,7 kW a 5 kW di potenza nominale) (Figura 7.4);

c) inverter di modulo per ogni modulo fotovoltaico (esiste anche integrato nel modulo stesso) (da 0,1 kW a 0,7 kW di potenza nominale) (Figura 7.5).

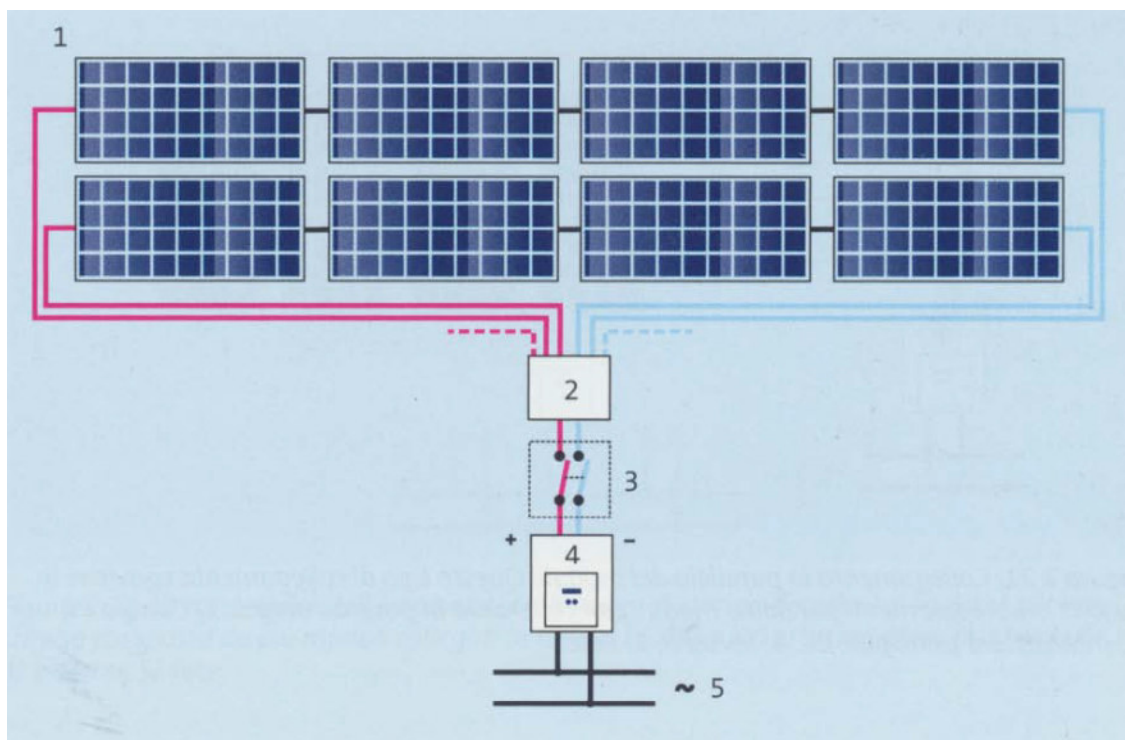


Figura 7.2: Impianto con inverter centralizzato e stringhe in serie 1) Campo fotovoltaico; 2) Quadro di campo; 3) Interruttore principale corrente continua; 4) Inverter; 5) Rete

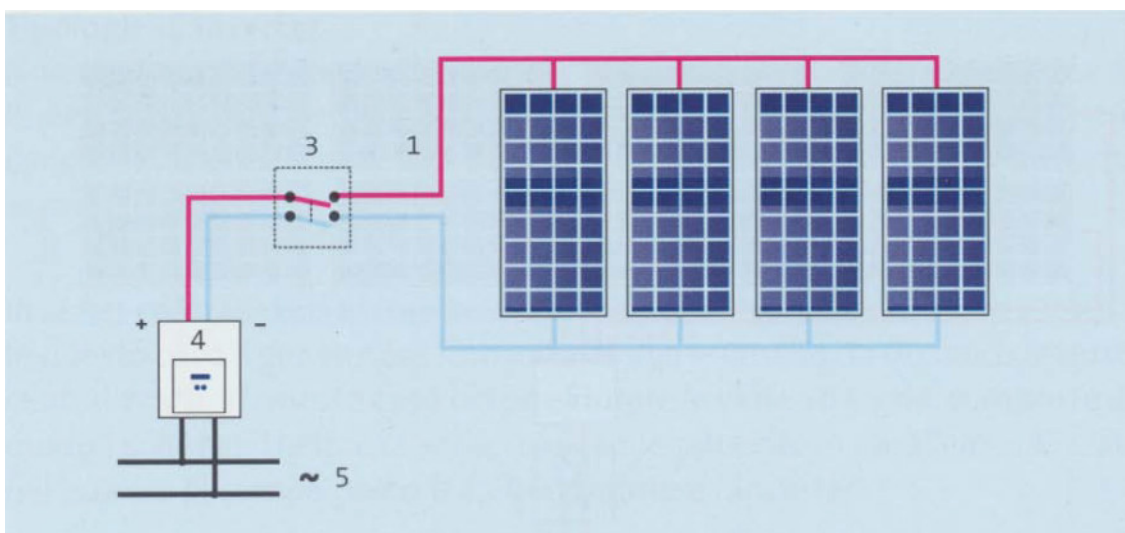


Figura 7.3: Impianto con inverter centralizzato e stringhe in parallelo. 1) Campo fotovoltaico; 3) Interruttore principale; 4) Inverter; 5) Rete

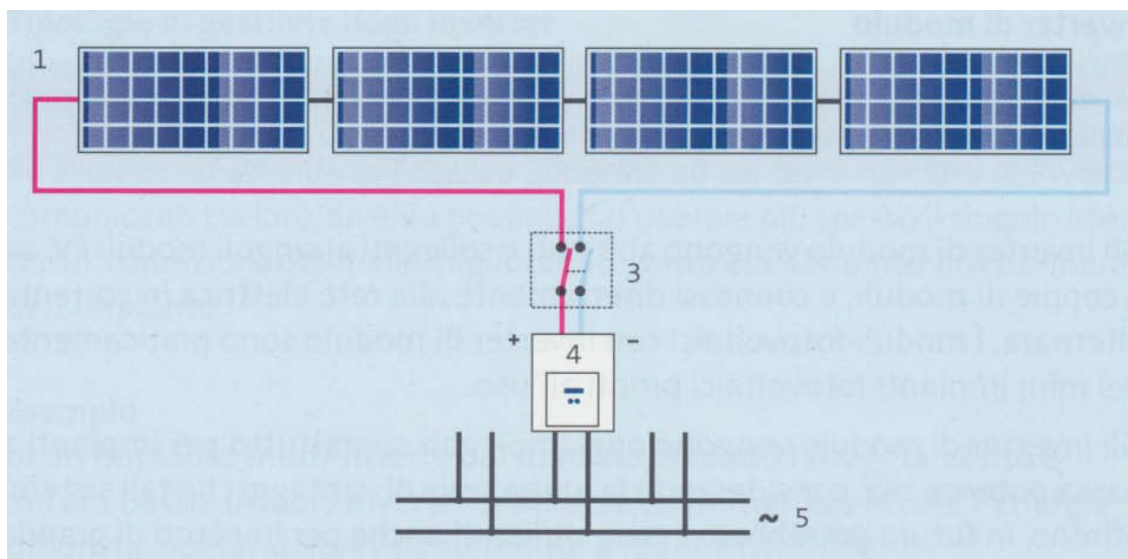


Figura 7.4: Impianto con inverter di stringa. 1) Campo fotovoltaico; 3) Interruttore principale corrente continua; 4) Inverter; 5) Rete

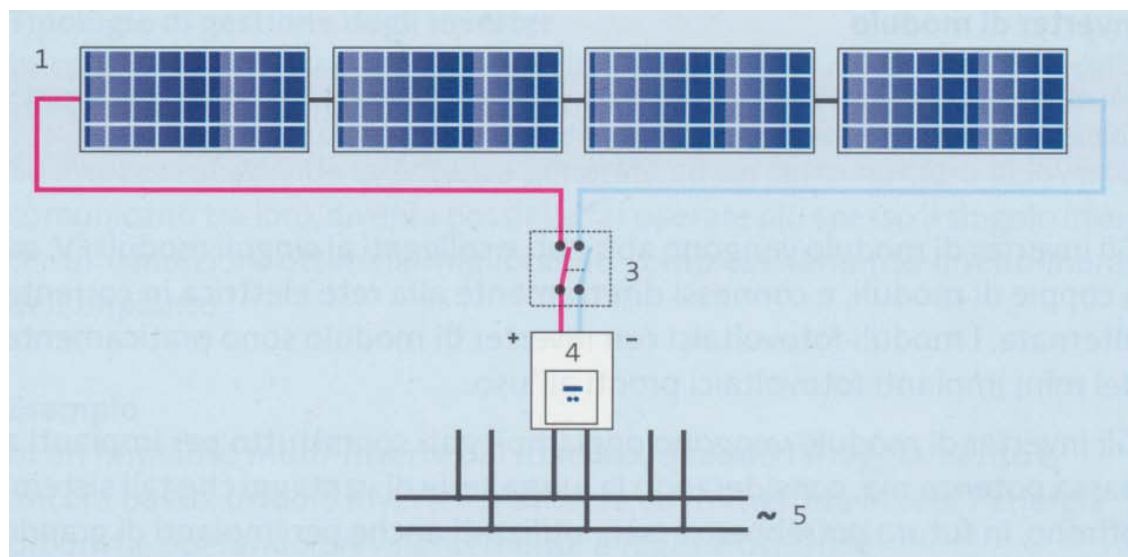


Figura 7.5: Impianto con inverter di modulo. 1) Campo fotovoltaico; 4) Inverter; 5) Rete

Le tecnologie attualmente sul mercato permettono una vasta gamma di interventi sui fabbricati che vanno dalle applicazioni retrofit a sistemi modulari integrati per tetti e facciate. Per l'applicazione in facciata si ritiene opportuna l'installazione con retro ventilazione per evitare il surriscaldamento dei pannelli. Si è scelto di utilizzare dei pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica da applicare sia in facciata che sulla copertura.

## 7.1 Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico

Al fine di determinare il quantitativo complessivo di energia necessario, è stata fatta una valutazione considerando sia il fabbisogno dell'edificio esistente, sia quello dell'edificio di nuova realizzazione.

Innanzitutto è stata valutata la superficie utile riscaldata dell'edificio esistente, che nel complesso è di 5.353 mq.

Una volta stabiliti i metri quadrati di superfici riscaldate, è poi necessario determinare il consumo medio annuale di energia (riferito al metro quadrato), che deriva in parte dal riscaldamento degli ambienti, in parte dal riscaldamento dell'acqua sanitaria ed in parte dall'utilizzo degli elettrodomestici, al fine di prevedere il quantitativo complessivo di energia annuale richiesta dall'edificio stesso.

Per quanto riguarda il corpo di fabbrica esistente, grazie alla realizzazione degli interventi di riqualificazione energetica in precedenza menzionati, tra cui l'installazione del cappotto isolante su tutte le pareti esterne, la sostituzione degli infissi e la predisposizione di serre solari, i consumi previsti, per la sola produzione di acqua calda per il riscaldamento e per l'utilizzo sanitario, si aggirano attorno ai 50 kWh/mq·anno (termici).

Questi valori necessitano quindi di essere moltiplicati per le Superfici utili riscaldate e convertite in kWh/mq·anno attraverso l'impiego di un coefficiente di trasformazione da kWh termici in kWh elettrici, che vale 0,4:

$$\begin{aligned} \text{Consumo energetico edificio esistente} &= \\ S.u.\text{esistente} \cdot \text{consumi} \cdot \text{coefficiente di trasformazione} \\ &= 5.353 \cdot 50 \cdot 0,4 = 107.060 \frac{kWh}{anno} \text{ (elettrici)} \end{aligned}$$

Relativamente invece al nuovo edificio di servizio, le superfici utili riscaldate previste sono 3.213 mq.

Grazie poi ai materiali da costruzione ed agli accorgimenti impiegati, i consumi previsti per la sola produzione di acqua calda per il riscaldamento e per l'utilizzo sanitario, si aggirano attorno ai 20 kWh/mq·anno (termici), pertanto il calcolo del fabbisogno energetico vale:

$$\text{Consumo energetico edificio nuovo} =$$

*S.u. esistente · consumi · coefficiente di trasformazione*

$$= 3.142 \cdot 20 \cdot 0,4 = 25.136 \frac{kWh}{anno} \text{ (elettrici)}$$

Resta ora da determinare il fabbisogno elettrico per l'utilizzo delle apparecchiature e degli elettrodomestici. Valutando che in media una famiglia costituita da 3/4 persone, consuma, per l'utilizzo degli elettrodomestici, un quantitativo di energia stimabile con la seguente formula:

$$\text{Consumo medio per famiglia} = n^{\circ} \text{ componenti} \cdot 500 kWh + 500 kWh$$

si presume che in media ciascuna famiglia consumi annualmente circa 2500 kWh/anno.

Tabella con il consumo annuo degli elettrodomestici più comuni	
<b>Elettrodomestico</b>	<b>Consumo annuo kWh/anno</b>
<b>Lavatrice</b>	260
<b>Televisore</b>	150
<b>Lavastoviglie</b>	200
<b>Frigo e congelatore</b>	600
<b>Condizionatore</b>	240
<b>Computer</b>	150
<b>Forno Microonde</b>	230
<b>Forno elettrico</b>	120
<b>Illuminazione</b>	150
<b>Scaldabagno elettrico</b>	1.500
<b>Ferro da stiro</b>	160
<b>Aspirapolvere</b>	190

Figura 7.6: Consumi medi annuali per elettrodomestico

Tenendo in considerazione che allo stato attuale sono presenti 62 unità immobiliari per 4 persone circa, e che nel progetto è prevista la realizzazione di altre 4 unità immobiliari (per circa 4 persone ciascuna), dove attualmente sono collocate le cantine e che inoltre è prevista la realizzazione di un ampliamento in aderenza all'esistente di 17 piani, ciascuno ospitante circa 4 persone, nel complesso si prevede che le famiglie complessive siano circa 83 e pertanto il consumo totale per tutto l'edificio di energia per gli elettrodomestici vale:

$$\begin{aligned}\text{Consumo complessivo per elettrodomestici} &= \\ &\frac{kWh \cdot \text{famiglia}}{\text{anno}} \cdot n^{\circ} \text{famiglie} \\ &= 2500 \cdot 83 = 207500 \text{ kWh/anno}\end{aligned}$$

E' possibile ora stabilire il quantitativo energetico dell'intero edificio, computando tutti i possibili consumi previsti:

$$\begin{aligned}\text{Fabbisogno energetico complessivo} &= \\ \text{Consumo energetico edificio esistente} &+ \\ \text{Consumo energetico edificio nuovo} &+ \\ \text{Consumo complessivo per elettrodomestici} &= \\ 107.060 + 25.136 + 207.500 &= \\ 339.696 \text{ kWh/mq} \cdot \text{anno (elettrici)}\end{aligned}$$

Una volta determinato il fabbisogno energetico dell'edificio, da ottenere dai pannelli in PV monocristallino, rimane da determinare il quantitativo di pannelli necessario per sopperire al fabbisogno di energia calcolato precedentemente.

Allo scopo si considera che 1 kWp prodotto da PV monocristallino a Bologna corrisponde a 1.300 kWh/anno elettrici, pertanto i kW di picco complessivi di cui necessita per soddisfare il fabbisogno dell'edificio sono:

$$\begin{aligned}\text{KiloWatt picco} &= \\ \frac{\text{Fabbisogno energetico complessivo}}{1.300 \frac{kWh}{\text{anno}}} &= \\ = \frac{339.696}{1.300} &= 261,30 \text{ kWp}\end{aligned}$$

Sapendo poi che per produrre un kiloWatt picco sono necessari 5 mq netti di pannelli PV monocristallini, è possibile determinare i metri quadrati di pannelli necessari per sopperire al fabbisogno:

$$Mq\ PV\ monocristallino = kiloWatt\ picco \cdot 5mq = 261,30 \cdot 5 = 1.306\ mq$$

## 7.2 Il progetto dell'impianto fotovoltaico

Una volta stabilito il quantitativo di pannelli necessari si è proceduto ad individuare le aree dove collocare l'impianto.

Le aree che si sono dimostrate più idonee sono state quelle della copertura e le facciate opache rivolte a sud e sud-est.

E' stato necessario prevedere un'installazione anche a parete a causa del numero elevato di pannelli necessario per sopperire al quantitativo complessivo di energia richiesto dalla struttura per il riscaldamento, la produzione di acqua calda sanitaria e il funzionamento degli elettrodomestici.

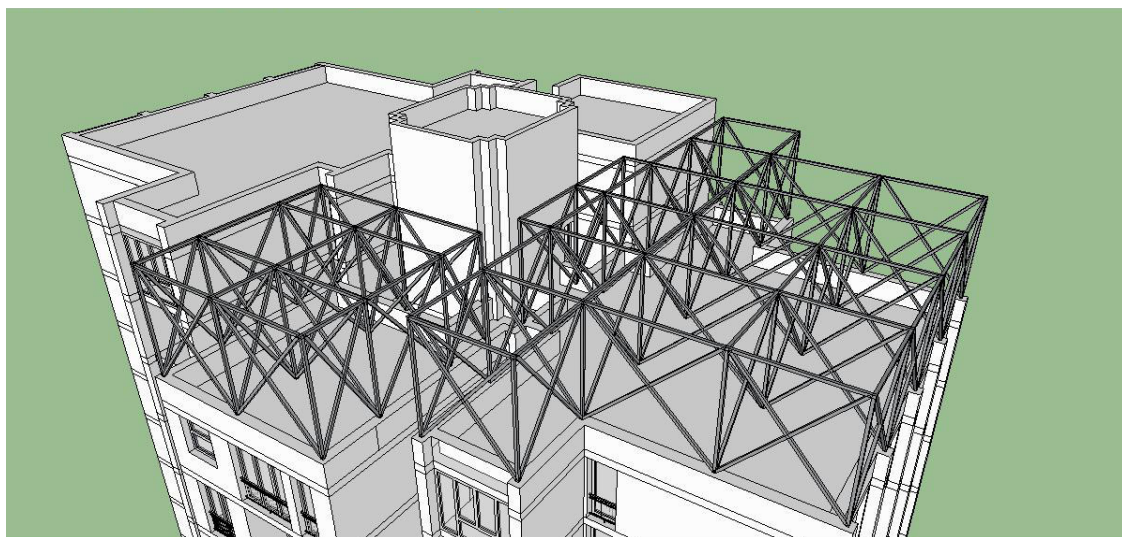
Per l'installazione sulla copertura, a causa delle differenze di quota tra gli alloggi più a nord (più bassi) e quelli più a sud (più alti), è stata prevista sul solaio più basso, l'installazione di una struttura a maglia in acciaio al fine di sostenere e portare i pannelli fotovoltaici alla stessa quota di quelli giacenti sul solaio più alto.

Data l'esposizione infatti, era necessario sollevare il piano di appoggio dei pannelli che occupano il solaio che si trova più a nord, in quanto altrimenti i pannelli collocati su quest'area sarebbero stati completamente ombreggiati dalla porzione di edificio più a sud.

Per la realizzazione della maglia sono stati impiegati elementi scatolari di sezione quadrata di lato 100 mm, collegati tra loro mediante saldatura.

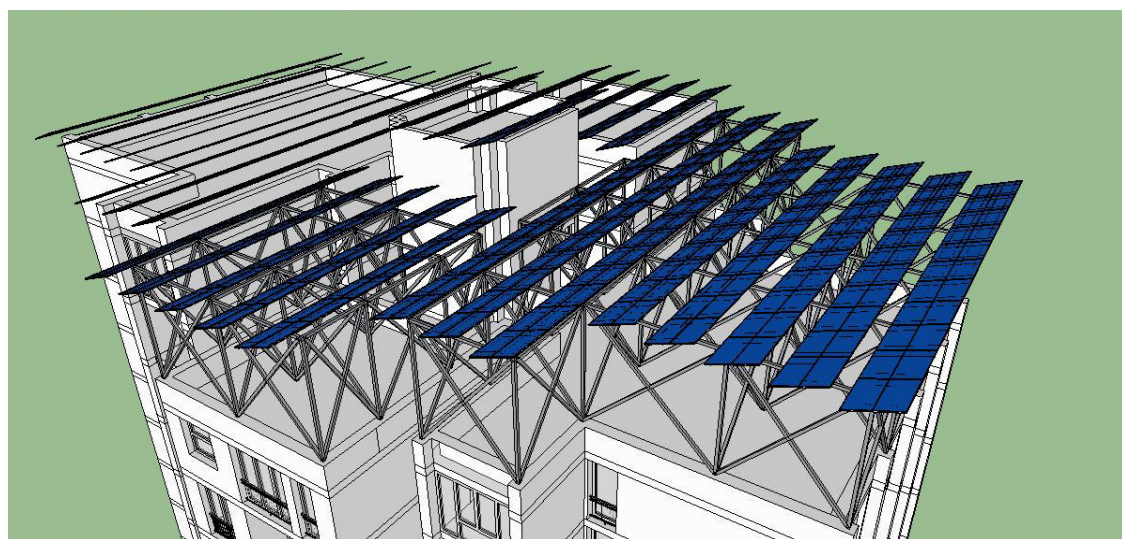
Al fine di garantire la tenuta al vento ed alle altre sollecitazioni esterne sono stati previsti elementi di controvento realizzati sempre con elementi scatolari di sezione quadrata di 100 mm di lato.





*Figura 7.7: Maglia in acciaio per i pannelli fotovoltaici (in rosso)*

Sulla maglia e sul solaio sono poi stati collocati i pannelli fotovoltaici.



*Figura 7.8: Pannelli fotovoltaici di copertura*

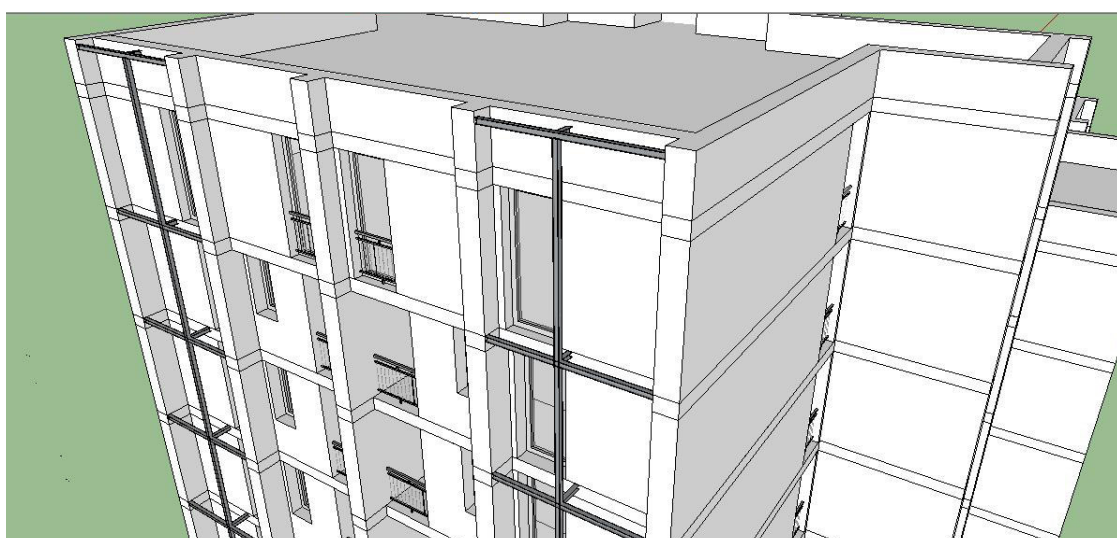
Per quanto riguarda invece l'impianto fotovoltaico di parete, le superfici individuate per il suo collocamento sono state quelle con affaccio a sud-est e sud-ovest.

La scelta di installare i pannelli fotovoltaici è dovuta innanzi tutto alla loro corretta esposizione ai raggi solari, che consente il continuo soleggiamento durante il giorno, ma anche per l'assenza su queste facciate di bucatore.

Per quanto riguarda la facciata con esposizione a sud-est, non si riscontra alcun tipo di problema per l'installazione dei pannelli poiché la parete risulta completamente libera da ostacoli e bucatore.

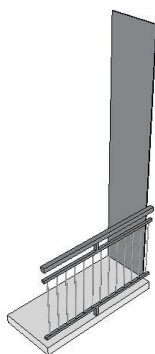
Per quanto riguarda invece la facciata con esposizione a sud-ovest data la presenza sulla facciata di una rientranza del tamponamento rispetto ai setti portanti in c.c.a. è stato necessario prevedere l'installazione di un sistema a telaio in acciaio al fine di supportare i pannelli.

La struttura portante è stata progettata tramite l'impiego di IPE 100, fissate tramite bullonatura ai setti in c.c.a. ed ai solai dei vari piani.



*Figura 7.9: struttura a telaio in acciaio per il supporto dei pannelli e dei balconcini (in rosso)*

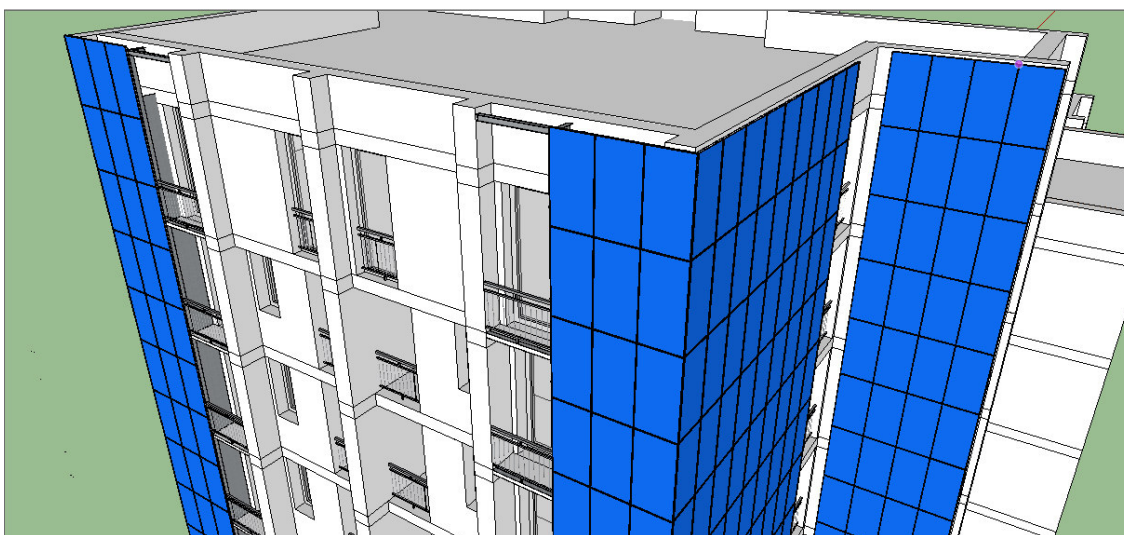
Grazie all'introduzione di questa struttura, è stato anche possibile realizzare un piccolo balconcino a servizio delle camere adiacenti.



*Figura 7.10: struttura del balconcino*



*Figura 7.11: struttura con balconcini*

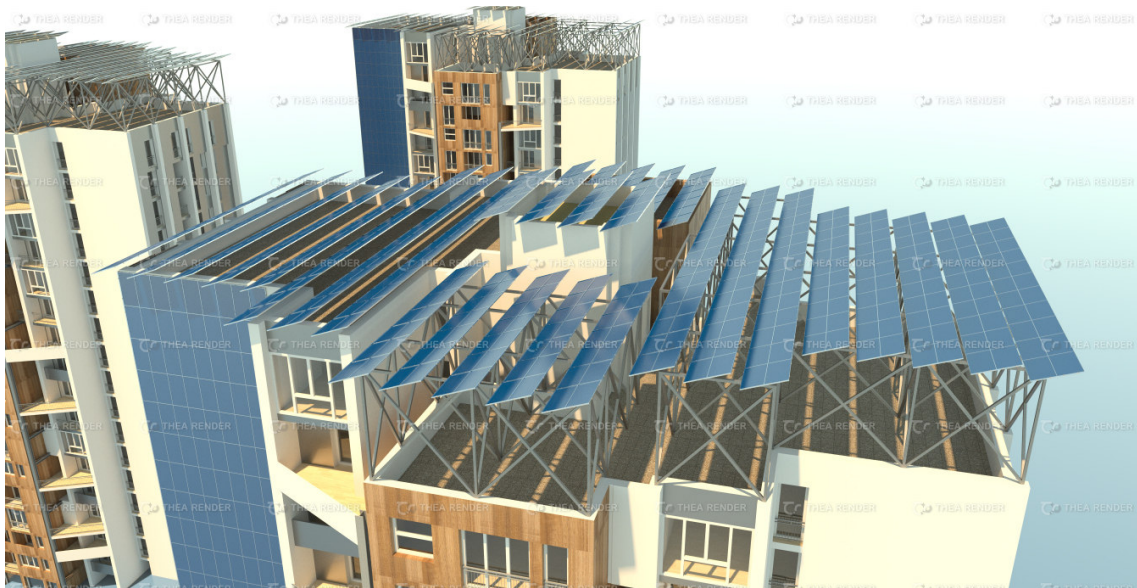


*Figura 7.12: struttura con balconcini e pannelli fotovoltaici*

Nel complesso è stata prevista l'installazione di 1148 pannelli fotovoltaici realizzanti una superficie complessiva di 1446 mq.

Il quantitativo di pannelli copre ampiamente il fabbisogno calcolato nel calcolo approssimativo dell'impianto fotovoltaico, permettendo quindi una produzione di energia ulteriore rispetto al necessario, con la possibilità quindi di rivendere questa energia in eccesso e di ottenere un ulteriore guadagno.





*Figura 7.13: Render impianto fotovoltaico in copertura*



*Figura 7.14: Render impianto fotovoltaico in facciata*



## 8. Conclusioni

Allo stato attuale è ormai assodata la necessità di intervenire sul parco edilizio esistente, a causa dello stato di obsolescenza in cui si trova il maggior numero degli edifici presenti sul territorio.

I vantaggi che si possono trarre da interventi di riqualificazione energetica ed architettonica sono svariati: dal punto di vista ambientale la riduzione degli sprechi di energie dovuti alle cattive condizioni di isolamento degli edifici e di conseguenza il miglioramento delle condizioni ambientali, grazie alla riduzione degli inquinanti prodotti dalle caldaie che vengono immessi nell'ambiente, ed infine anche il risparmio delle materie prime, spesso non rinnovabili, impiegate per la conduzione degli edifici.

In termini economici invece con la riduzione degli sprechi si hanno di conseguenza anche riduzioni delle spese ed inoltre il rinnovamento dell'esistente genera un aumento in termini economici del valore degli immobili.

Da punto di vista della qualità degli ambienti di vita, è possibile ottenere un adeguamento degli edifici alle esigenze odierne, un miglioramento delle condizioni sociali e del benessere ambientale degli alloggi oggetto di intervento.

Infine è necessario tenere in considerazione che le giuste scelte di intervento su un edificio possono altresì influire positivamente anche sul contesto circostante, catturando l'attenzione e l'interesse di soggetti non coinvolti nel progetto, favorendo la promozione e la rivalutazione dello stesso, potendo così generare un aumento del valore dell'area e degli immobili ad essa appartenenti.

E' altresì chiaro però che la lunghezza dei tempi di rientro degli investimenti per ogni sorta di riqualificazione costituisce un grave ostacolo agli interventi.

E' stato possibile allora, effettuando una valutazione della convenienza economica relativamente al caso in esame, verificare la fattibilità del recupero del patrimonio edilizio esistente, grazie all'applicazione di quelle metodologie di intervento che prevedono le addizioni e gli adeguamenti dell'esistente alla normativa vigente e ai livelli di comfort richiesti al giorno d'oggi ai fabbricati civili.

Grazie infatti alla costruzione di nuove superfici commercializzabili e tramite la loro successiva vendita, è possibile coprire le spese di riqualificazione sull'esistente, riducendo in questo modo i tempi di rientro dei costi sostenuti.

Si è dimostrato inoltre che è possibile anche spingersi fino alla completa eliminazione dei tempi di ammortamento dell'investimento.

Lo scopo è stato quindi quello di fornire un esempio che potesse in un futuro essere da riferimento e da agente spronatore anche per altri interventi sul territorio.

La speranza è che nei prossimi anni vengano effettuate numerose riqualificazioni, in grado non solo di migliorare le condizioni del singolo stabile sul quale si interviene, ma anche su tutto il contesto cittadino.

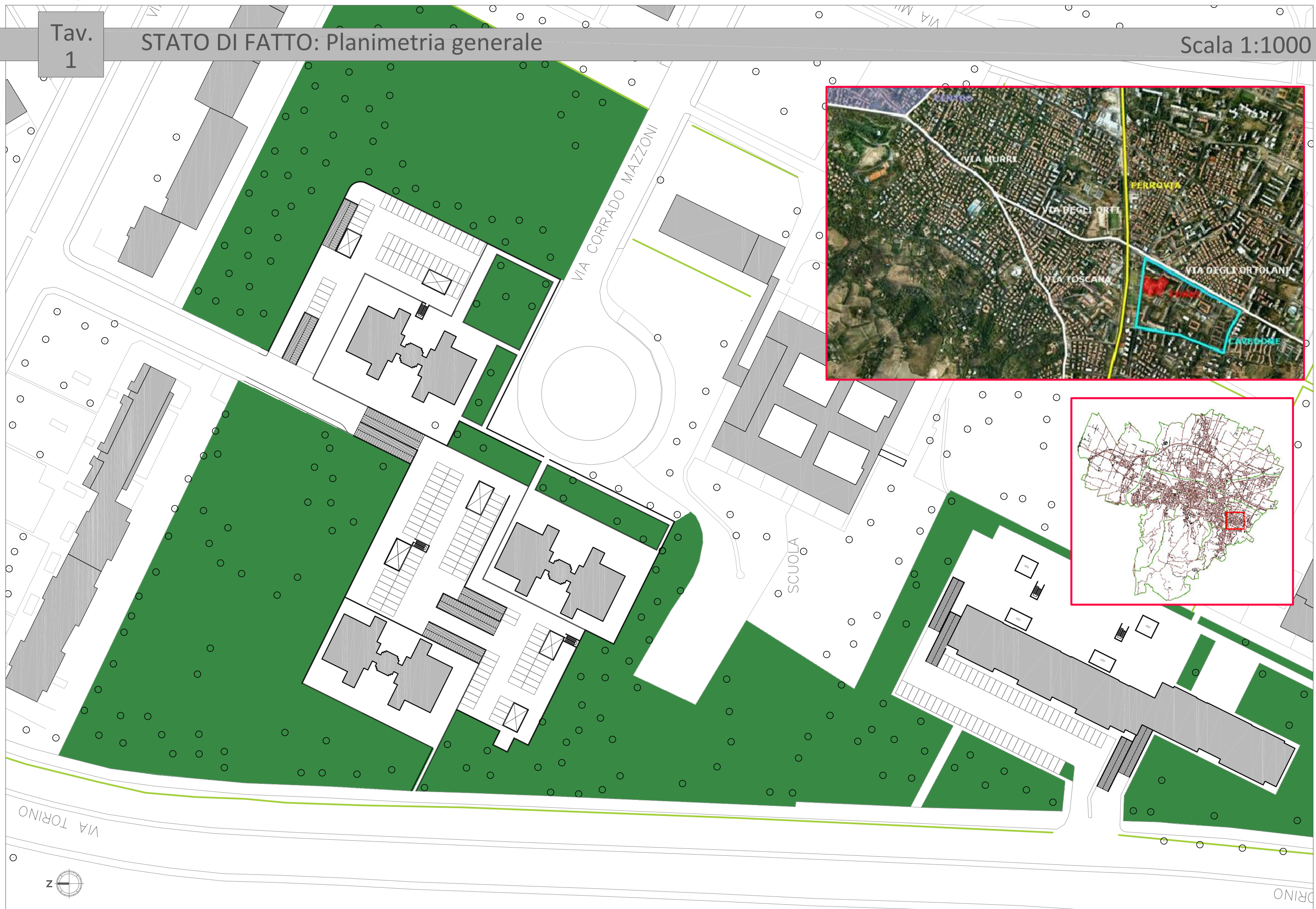
## Bibliografia

- [Bib01] Annarita Ferrante, A.A.A. Adeguamento, Adattabilità, Architettura, Bruno Mondadori, 2015
- [Bib02] S. Paris, R. Bianchi, La riqualificazione architettonica e ambientale dei quartieri moderni di edilizia residenziale pubblica: una opportunità per la città contemporanea. Un caso di studio a Roma, Rivista TECHNE | 10, 2015
- [Bib03] Mario Zaffagnini, Per Bologna: novant'anni di attività dell'Istituto Autonomo Case Popolari, 1906-1996, Istituto Autonomo per le Case Popolari della provincia di Bologna, Hoepli Editore, 2002
- [Bib04] Anna Ferrari-Bravo, Emilia Romagna Di Touring club italiano , Touring Editore, 1991
- [Bib05] Istituto "Luigi Sturzo, "Fanfani e la casa: gli anni Cinquanta e il modello italiano di welfare state: il piano INA-Casa , Rubbettino Editore srl, 2002
- [Bib06] Guide di architettura. Bologna, coordinamento editoriale di Giuliano Gresleri, Torino, Allemandi, 2004
- [Bib07] Alessandra Carini, Housing in Europa 2: 1960-1979, Luigi Parma-Bologna, 1982
- [Bib08] Paola Di Biagi, La grande ricostruzione : il piano INA-casa e l'Italia degli anni Cinquanta, Roma, Donzelli, 2001
- [Bib09] Bandelloni E., Elementi di architettura tecnica, IV ed., Cluep editore, Padova, 1986
- [Bib10] Beretta Anguissola L., I 14 anni del piano INAcasa, Staderini, Roma, 1963
- [Bib11] Istituto cooperativo Industrializzazione Edilizia (I.C.I.E.), Il Coffrage-tunnel nell'esperienza delle cooperative edili, BE-MA editrice, Milano, 1976
- [Bib12] Lenci R., Sergio Lenci : l'opera architettonica 1950-2000, Diagonale, Roma, 2000
- [Bib13] Mandolesi E., Edilizia, Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1978
- [Bib14] Mutti A., Provenzani D., Tecniche costruttive per l'architettura: sistemi costruttivi, sottosistemi di completamento, installazioni impiantistiche, Edizioni Kappa, Roma, 1989
- [Bib15] Bertagnin M., Bioedilizia: progettare e costruire in modo ecologicamente consapevole, Edizioni GB, Padova, 1996

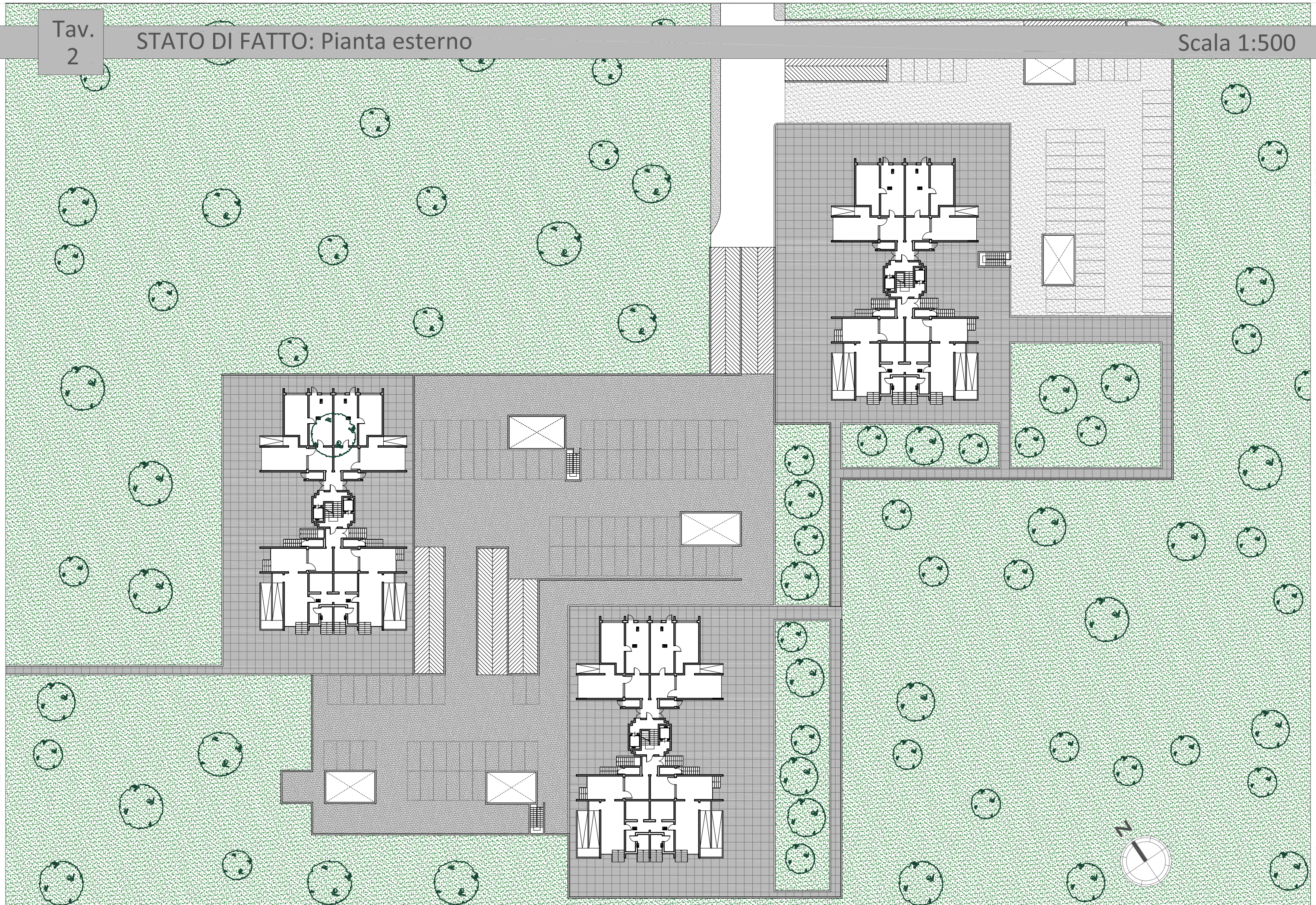


- [Bib16] Antony F., Durschner C., Remmers K.-H., Il fotovoltaico per professionisti: vendita, progettazione e montaggio di impianti fotovoltaici, Berlino, Brunico, Solarpraxis, Tecnospot, 2006
- [Bib17] Aste N., Il fotovoltaico in architettura: l'integrazione edilizia dei sistemi per la generazione di elettricità solare; aggiornato al Conto Energia (D.M. 28-7-2005), Sistemi editoriali, Napoli, 2005
- [Bib18] Elena Lucchi, Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio. Diagnostica e interventi, Flaccovio Dario, 2014
- [Bib19] AA.VV., Serramenti e schermature per la riqualificazione energetica ed ambientale. Criteri per la valutazione e la scelta, EPC Editore, 2013
- [Bib20] Natterer Julius; Herzog Thomas; Volz Michael, Atlante del legno, UTET Scienze tecniche, 1998
- [Bib21] Helmut C. Schultz, Werner Sobek, Karl J. Habermann, Atlante dell'acciaio, UTET Scienze tecniche, 1998
- [Bib22] Schittich C., Staib G., Sobek W., Schuler M., Balkow D., Atlante del vetro, UTET Scienze tecniche, 1998
- [Bib23] Maria De Santis, Addizioni per la riqualificazione delle periferie urbane, 2007
- [Bib24] Luisa Califano, Le addizioni al costruito nelle strategie di retrofit, Tesi di dottorato, 2011
- [Bib25] Andrea Del Prete, L'edilizia sociale a Bologna e la sua caratterizzazione costruttiva finalizzata ad un miglioramento prestazionale: il caso di studio delle torri del Cavedone, 2010
- [Bib26] [www.promolegno.com](http://www.promolegno.com)
- [Bib27] [www.xlamdolomiti.it](http://www.xlamdolomiti.it)
- [Bib28] [www.governo.it](http://www.governo.it)
- [Bib29] [www.consulente-energia.com](http://www.consulente-energia.com)
- [Bib30] [www.infobuildenergia.it](http://www.infobuildenergia.it)

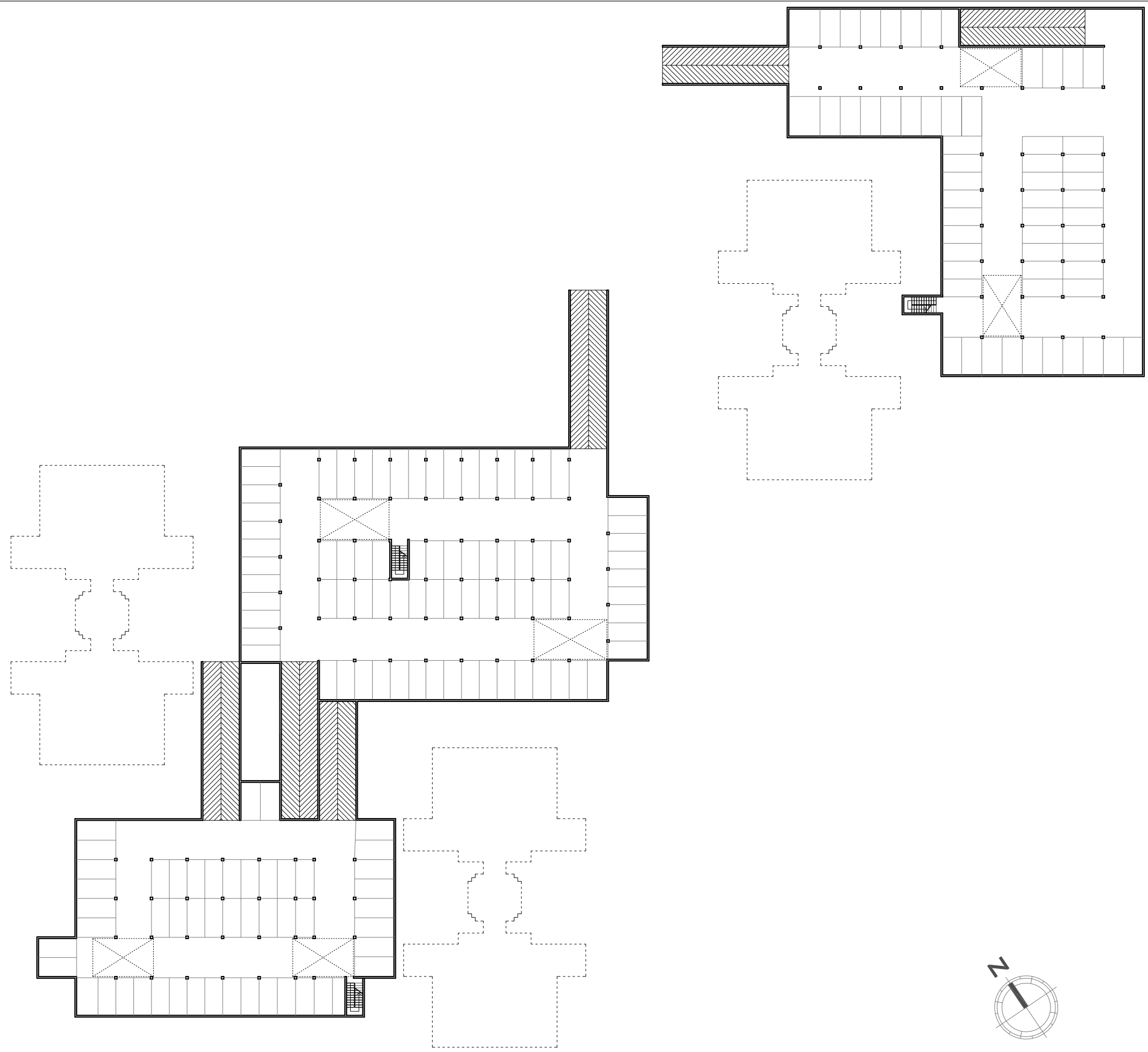
## **Allegati Grafici**

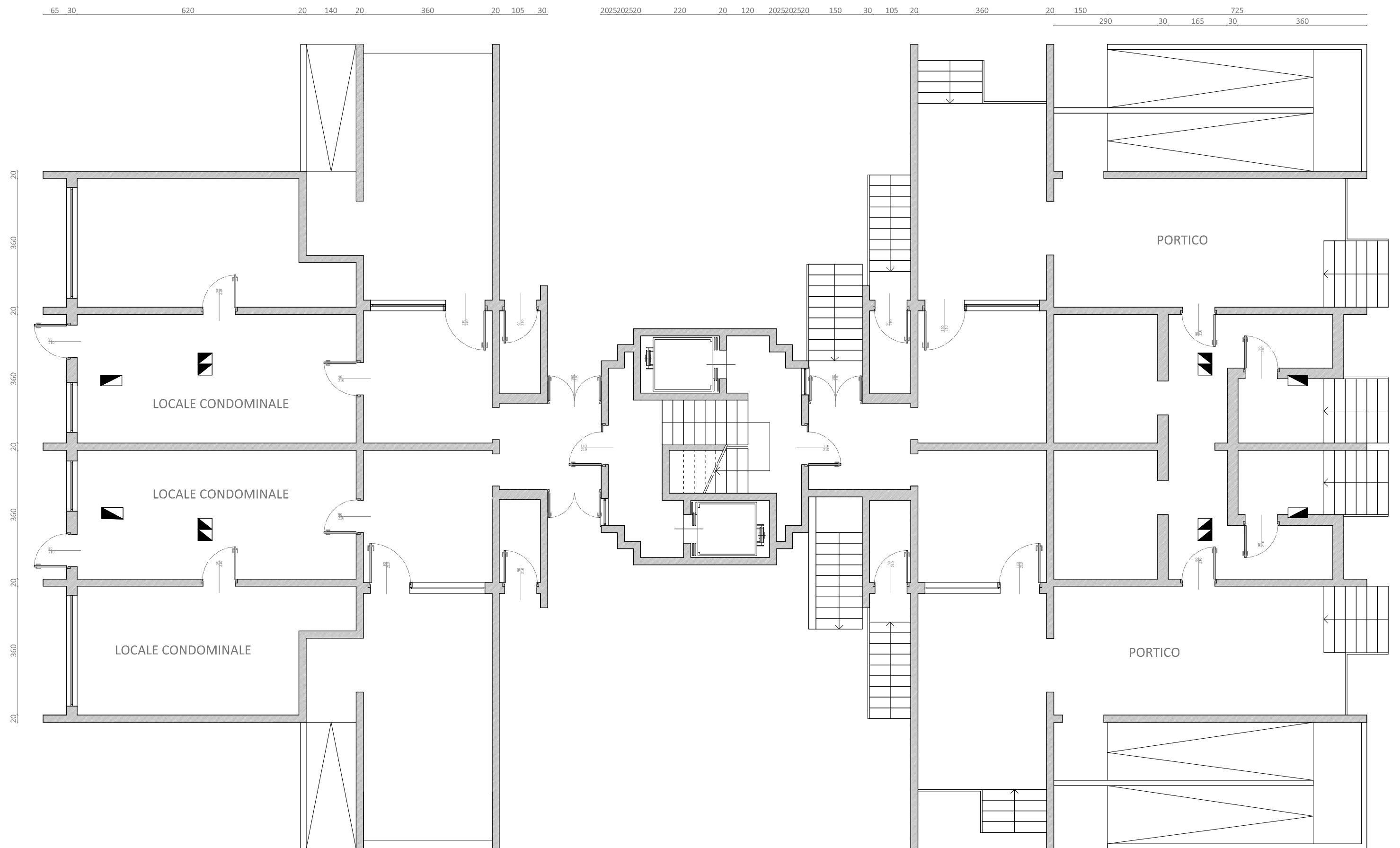


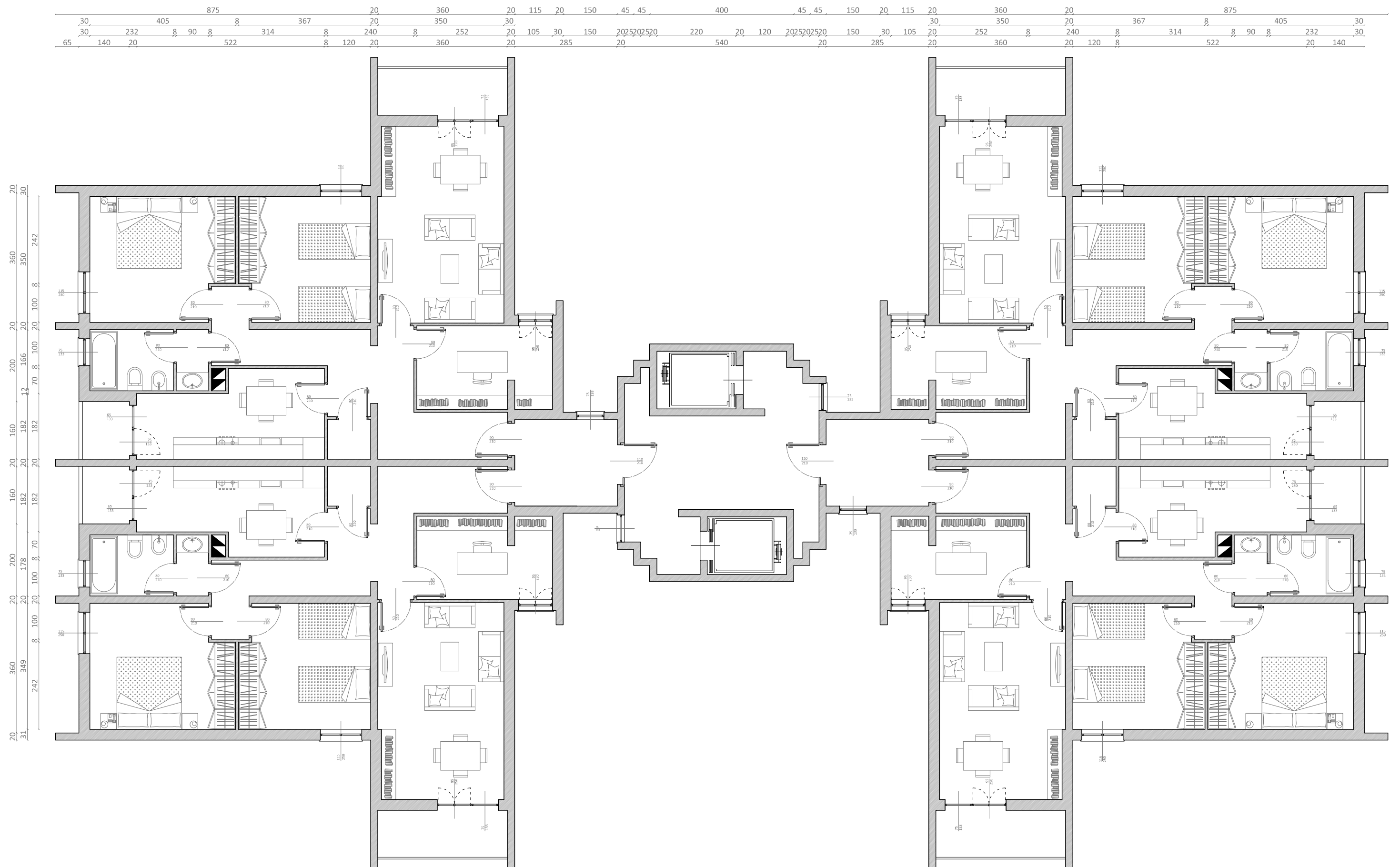


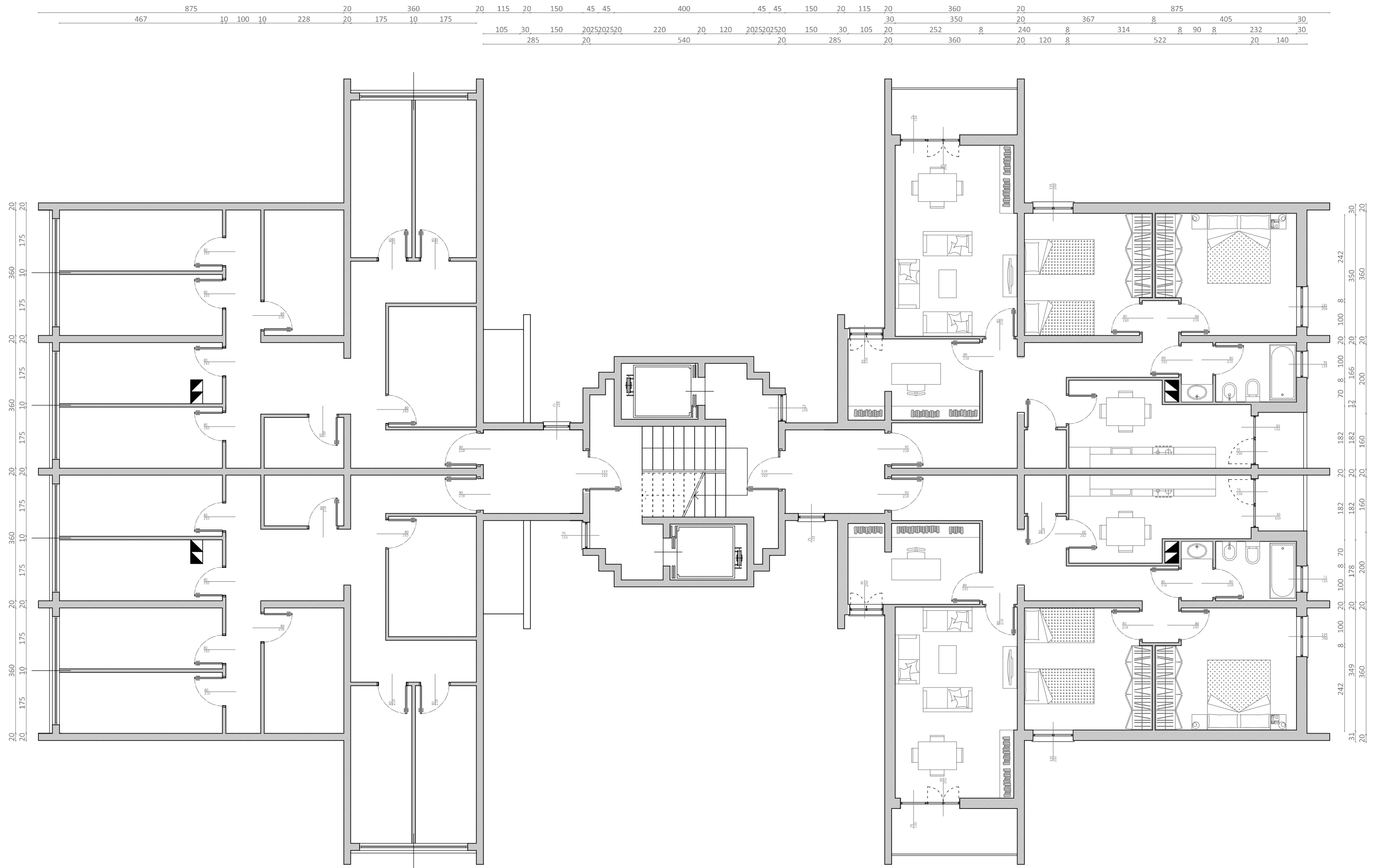




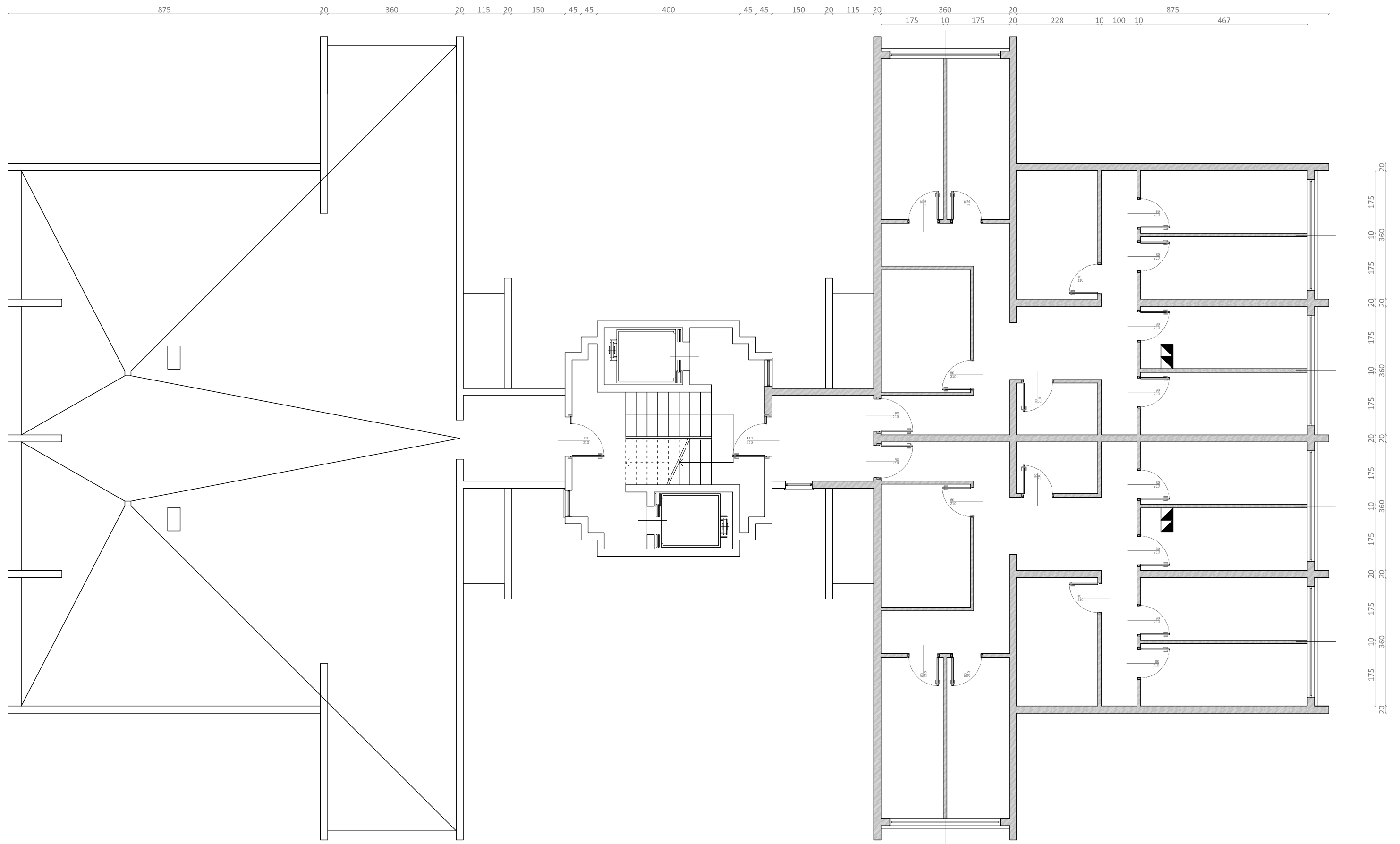


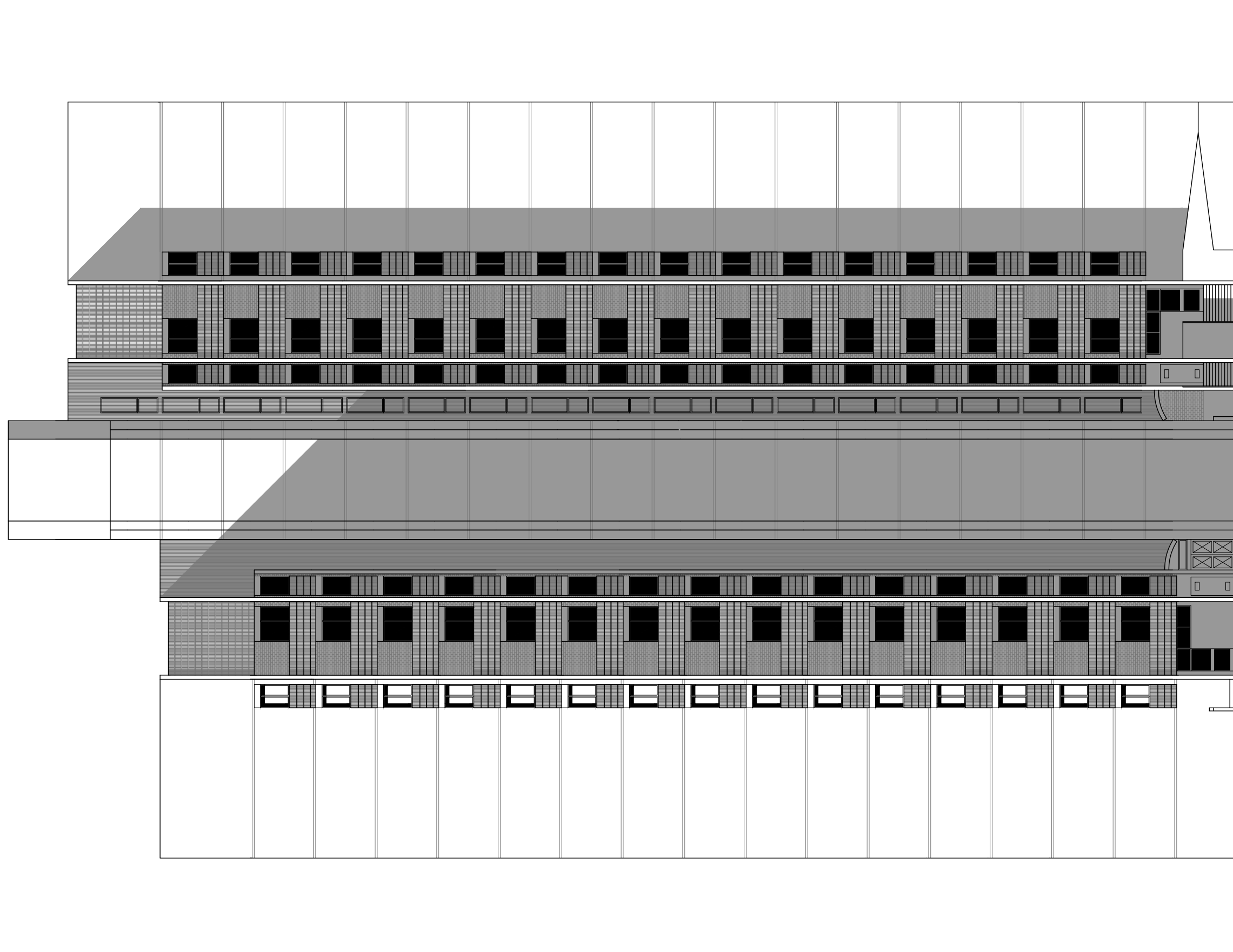


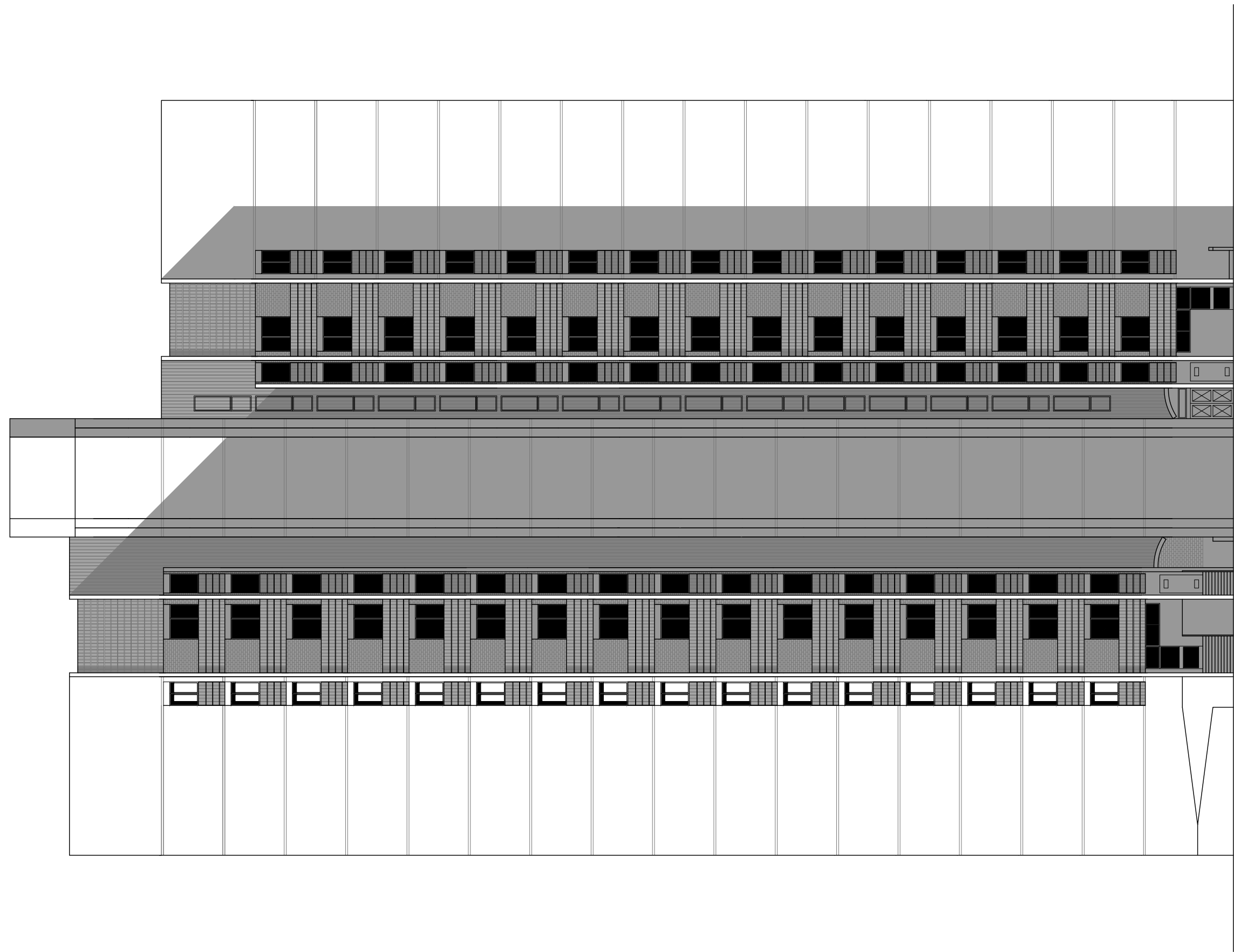


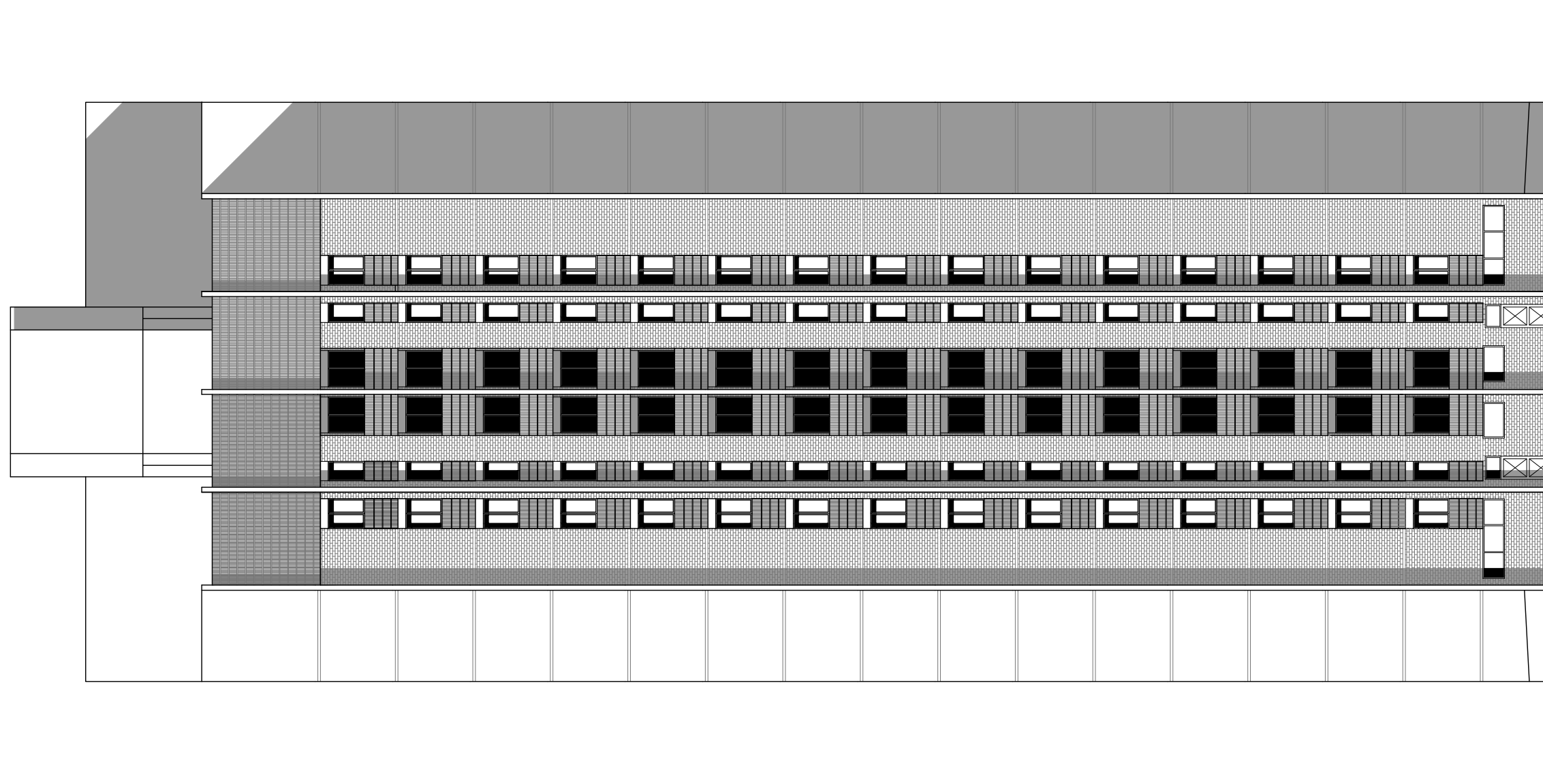




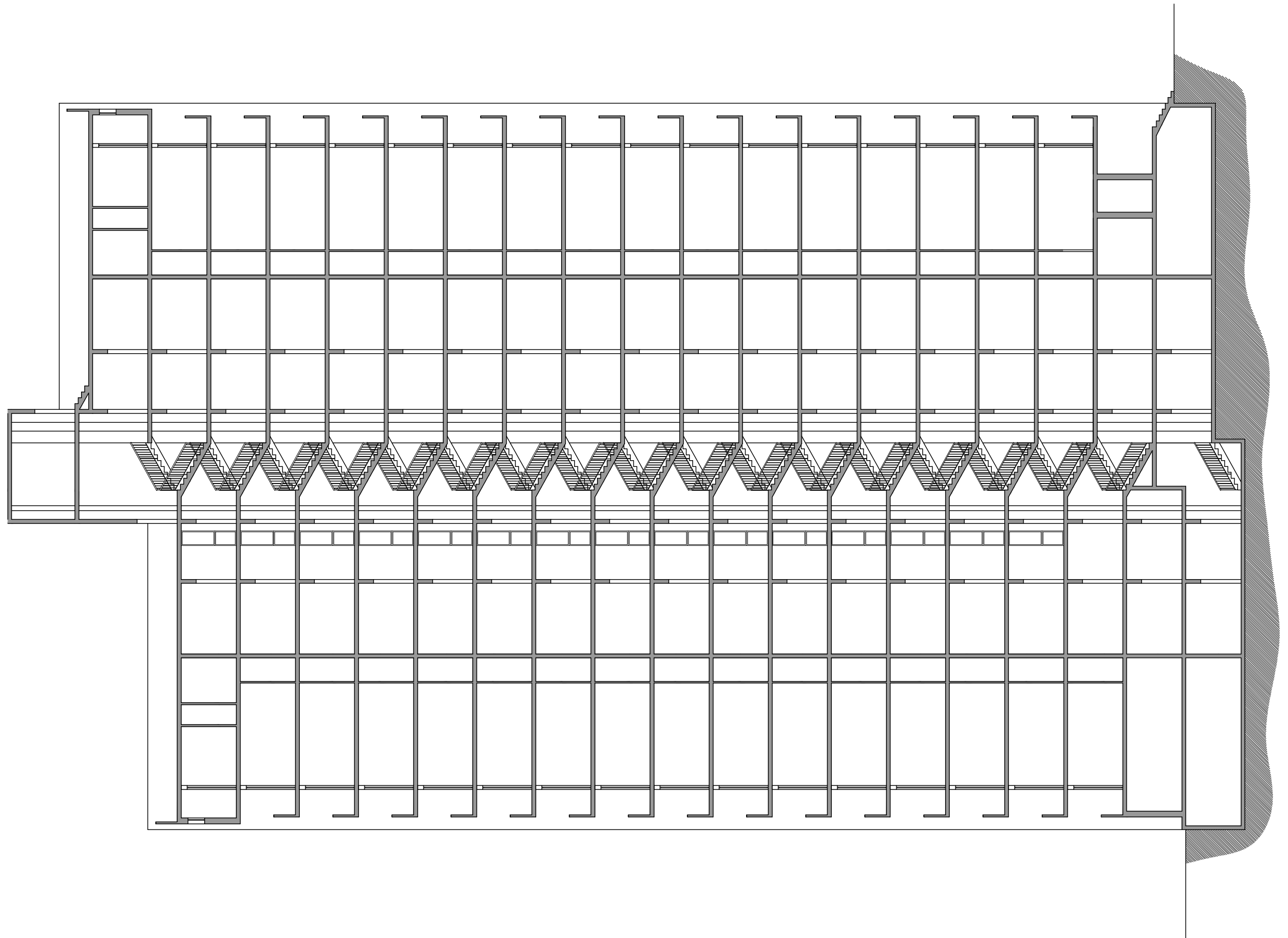


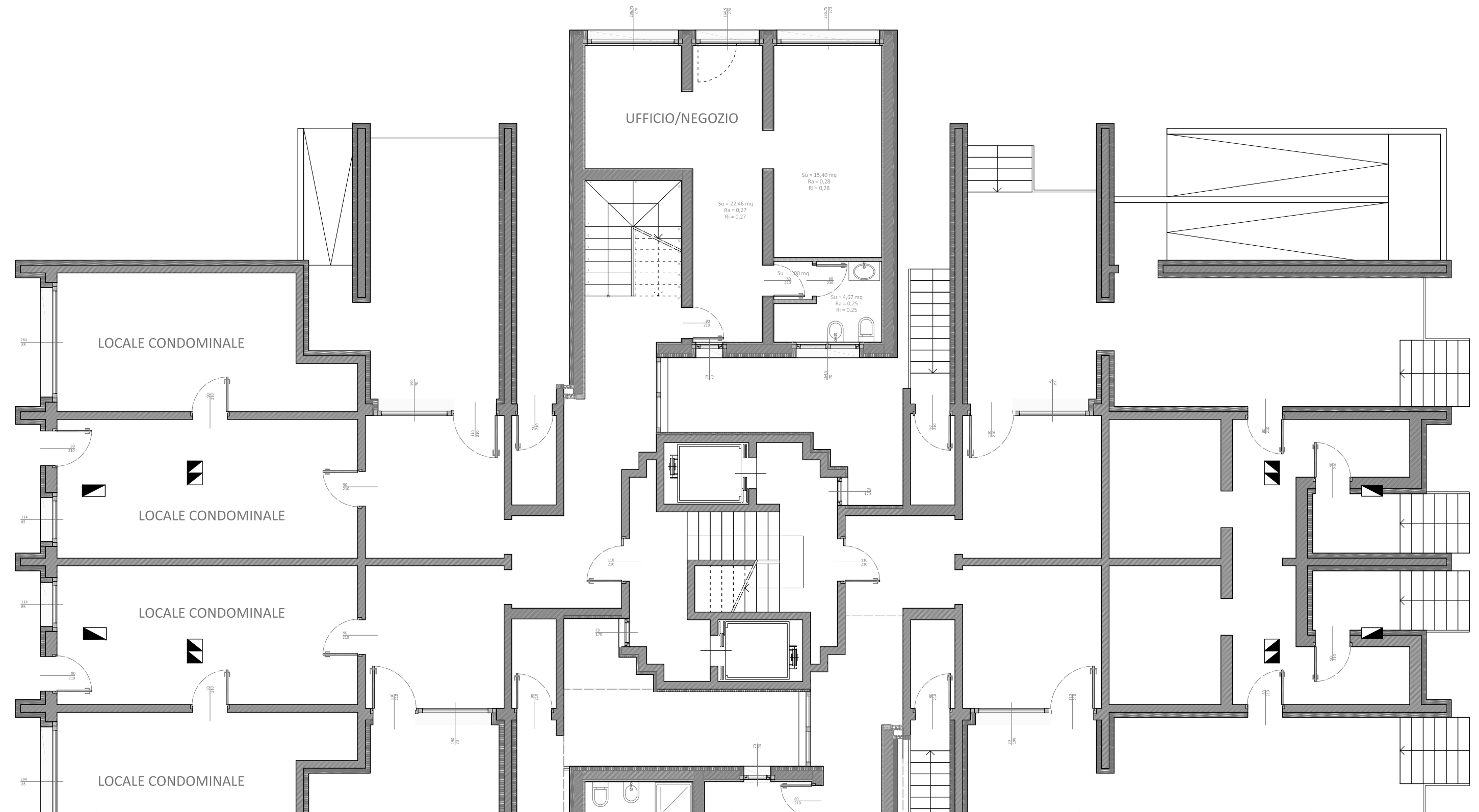




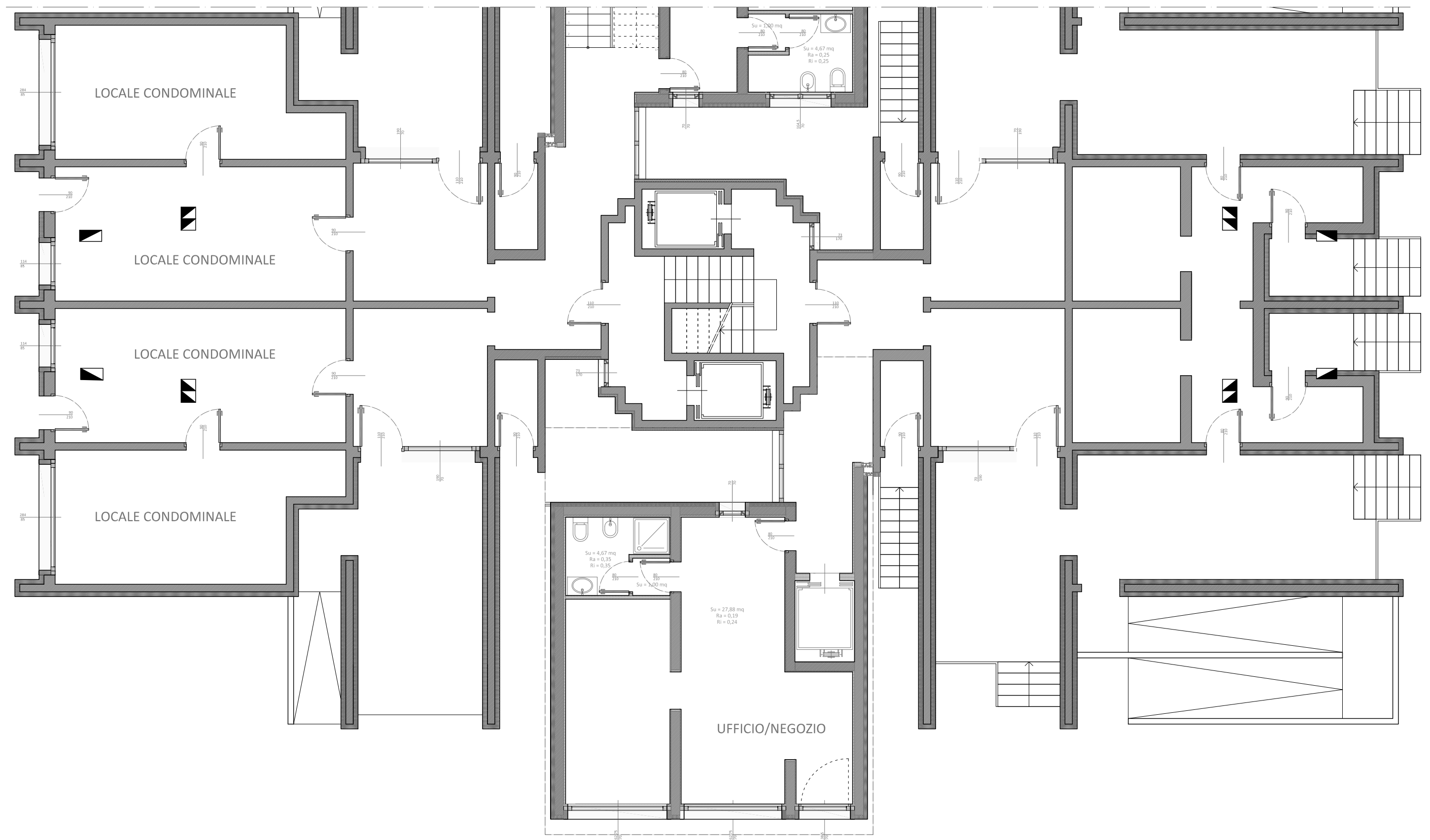


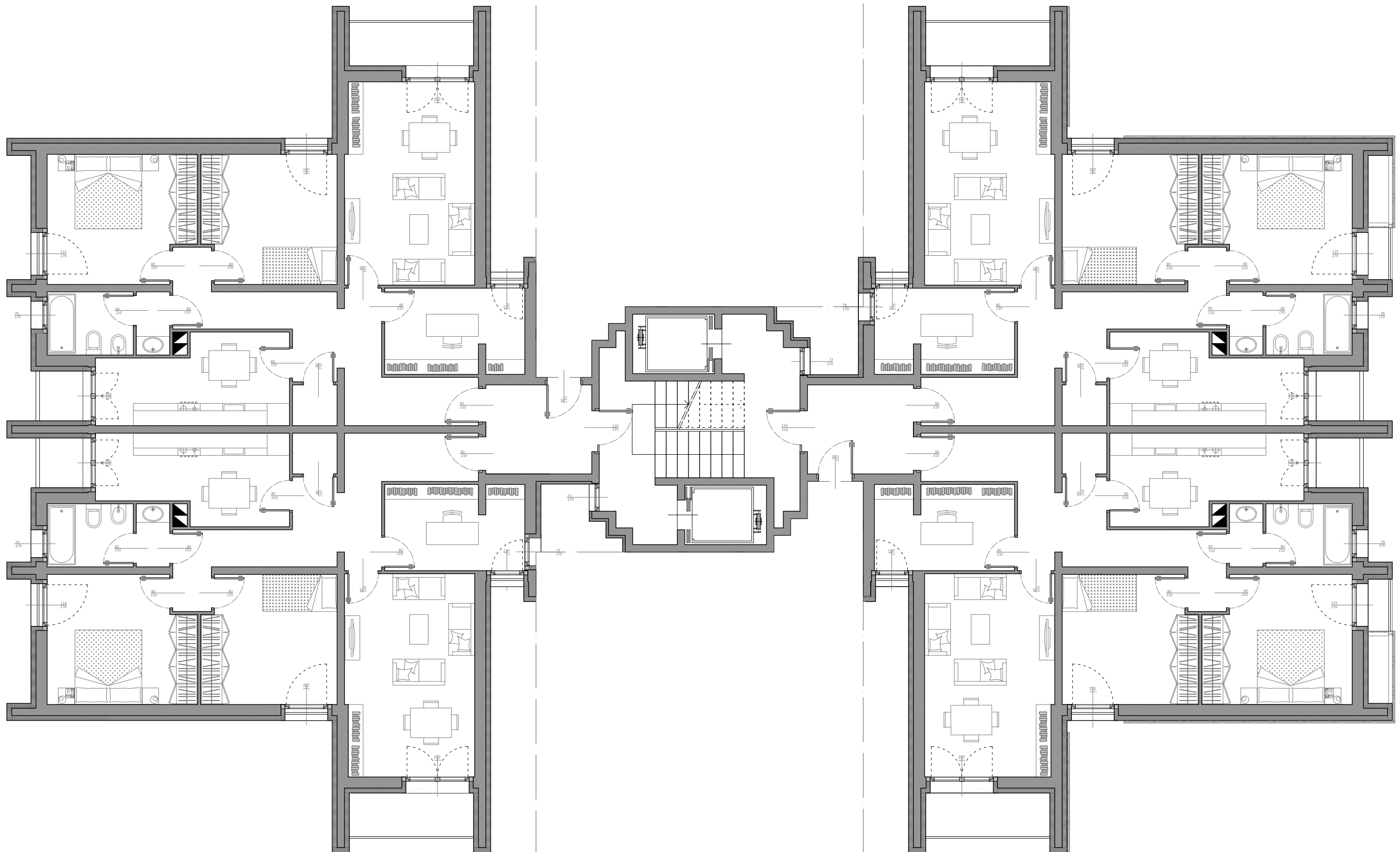


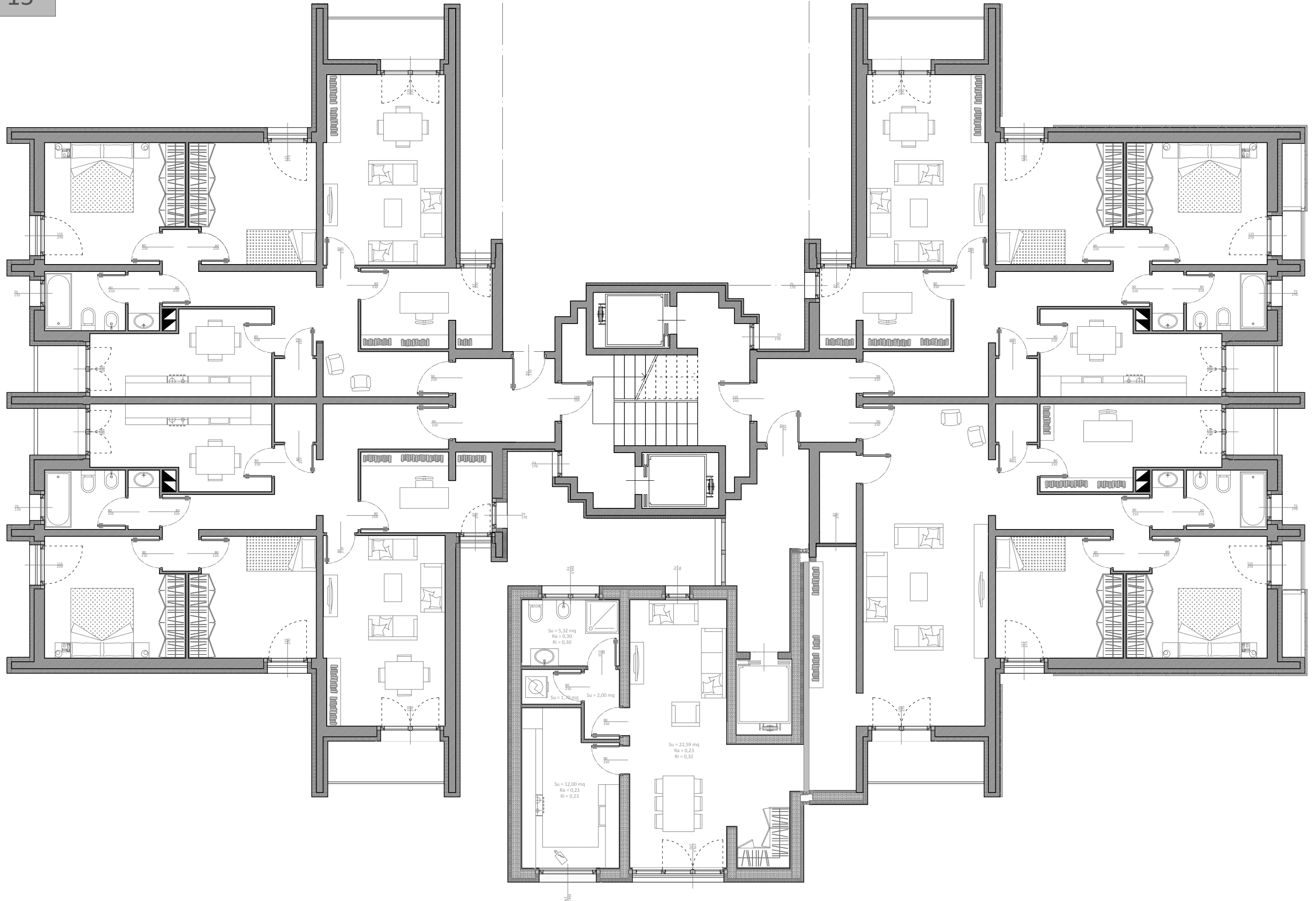


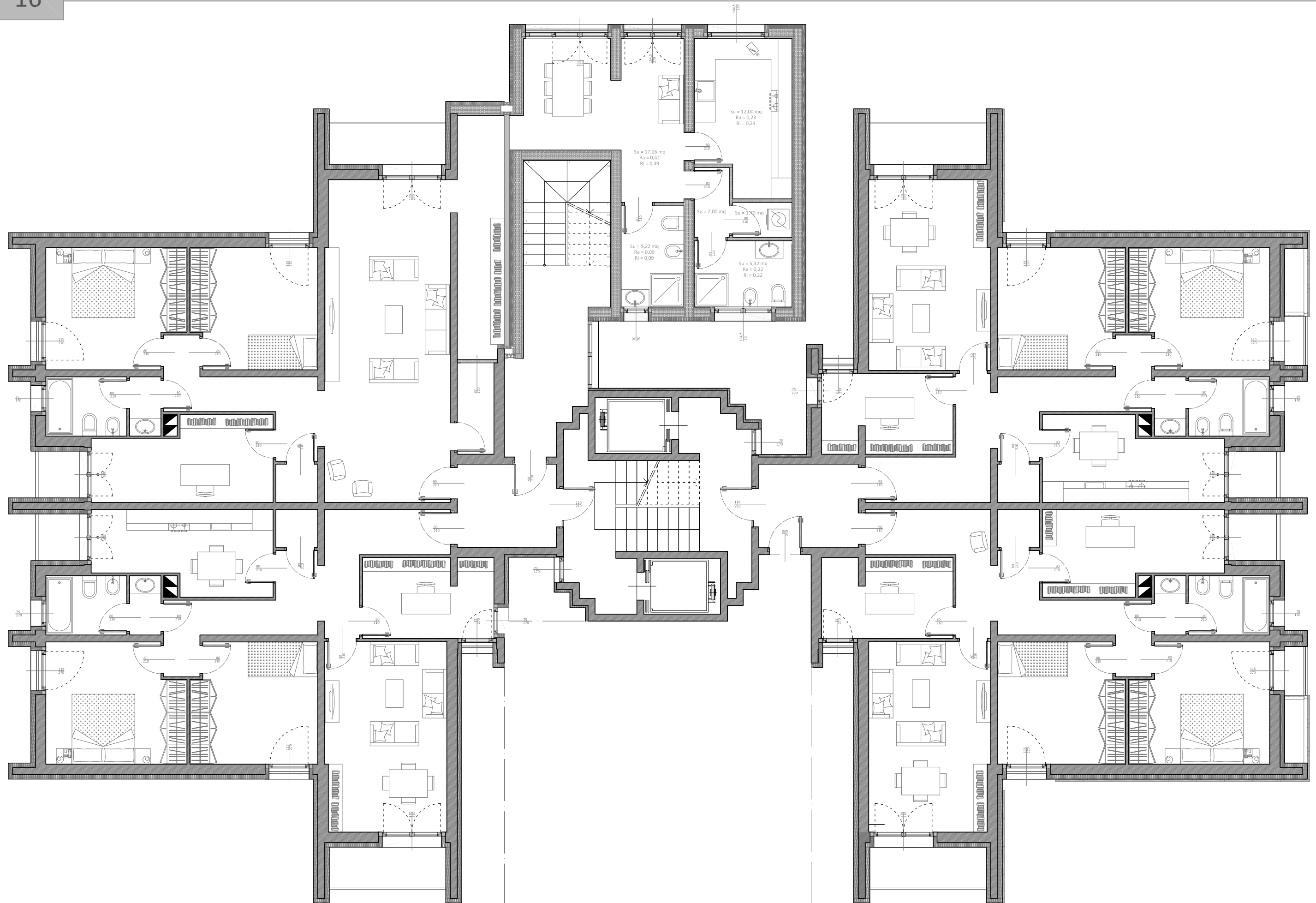




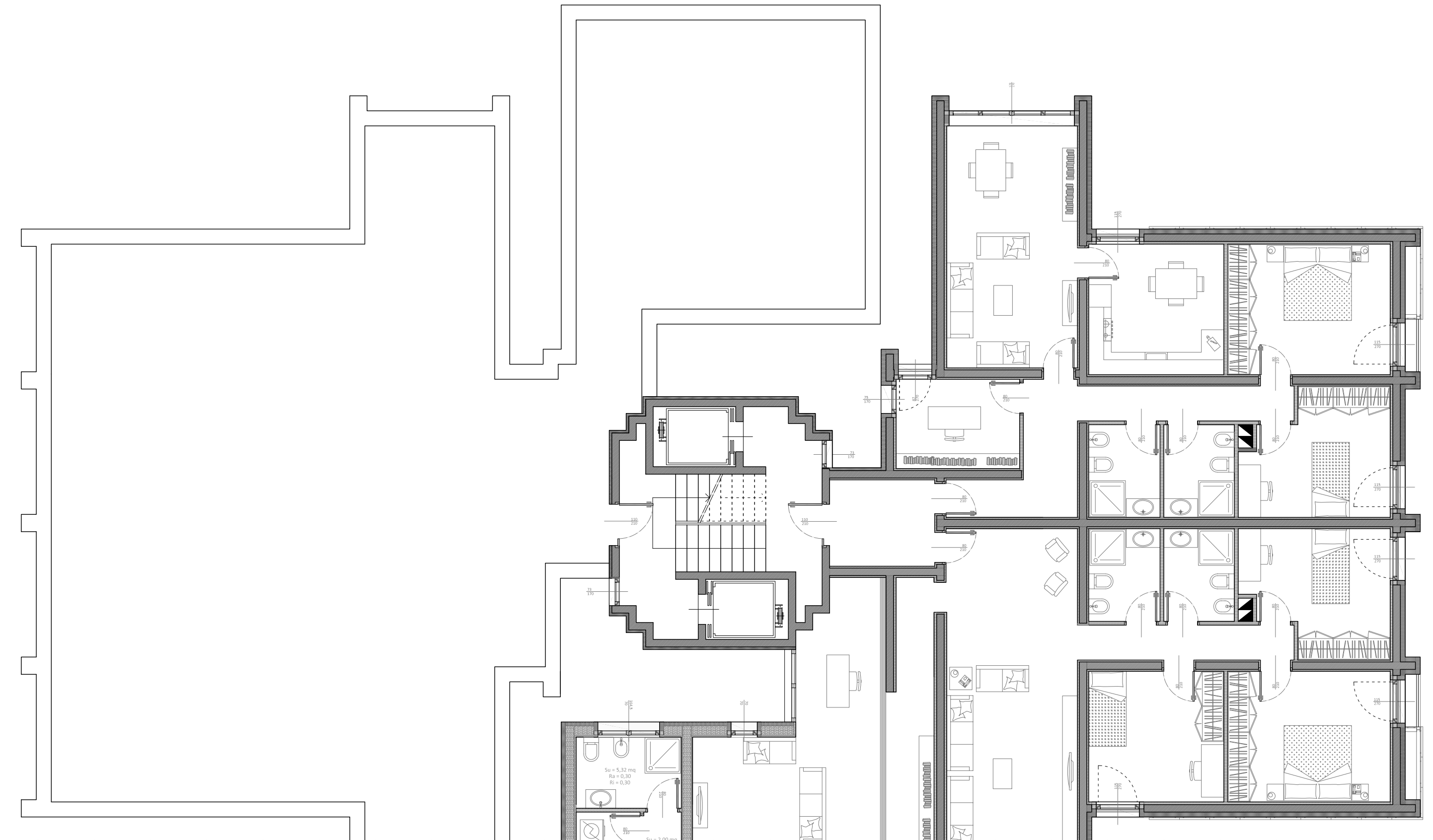


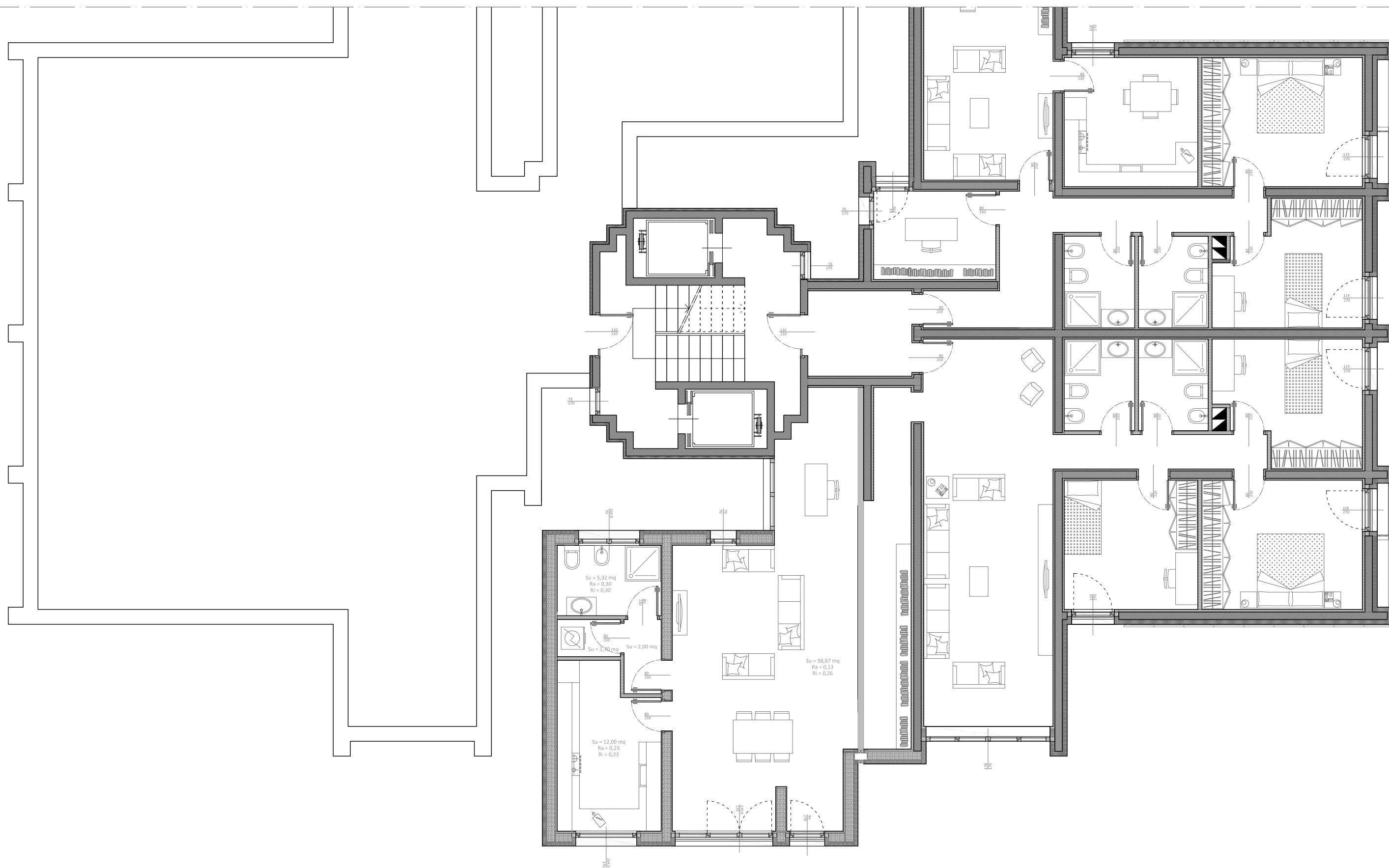




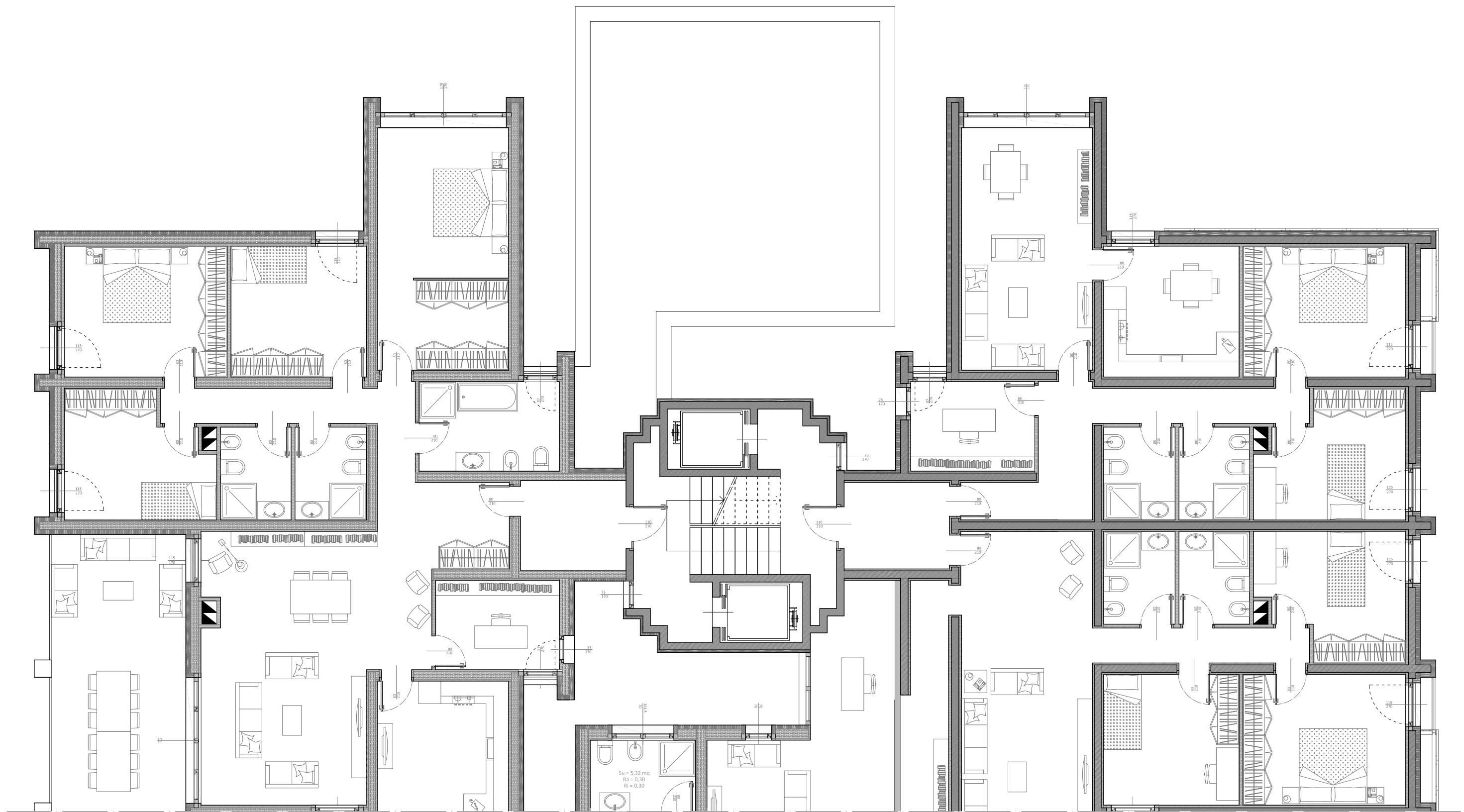


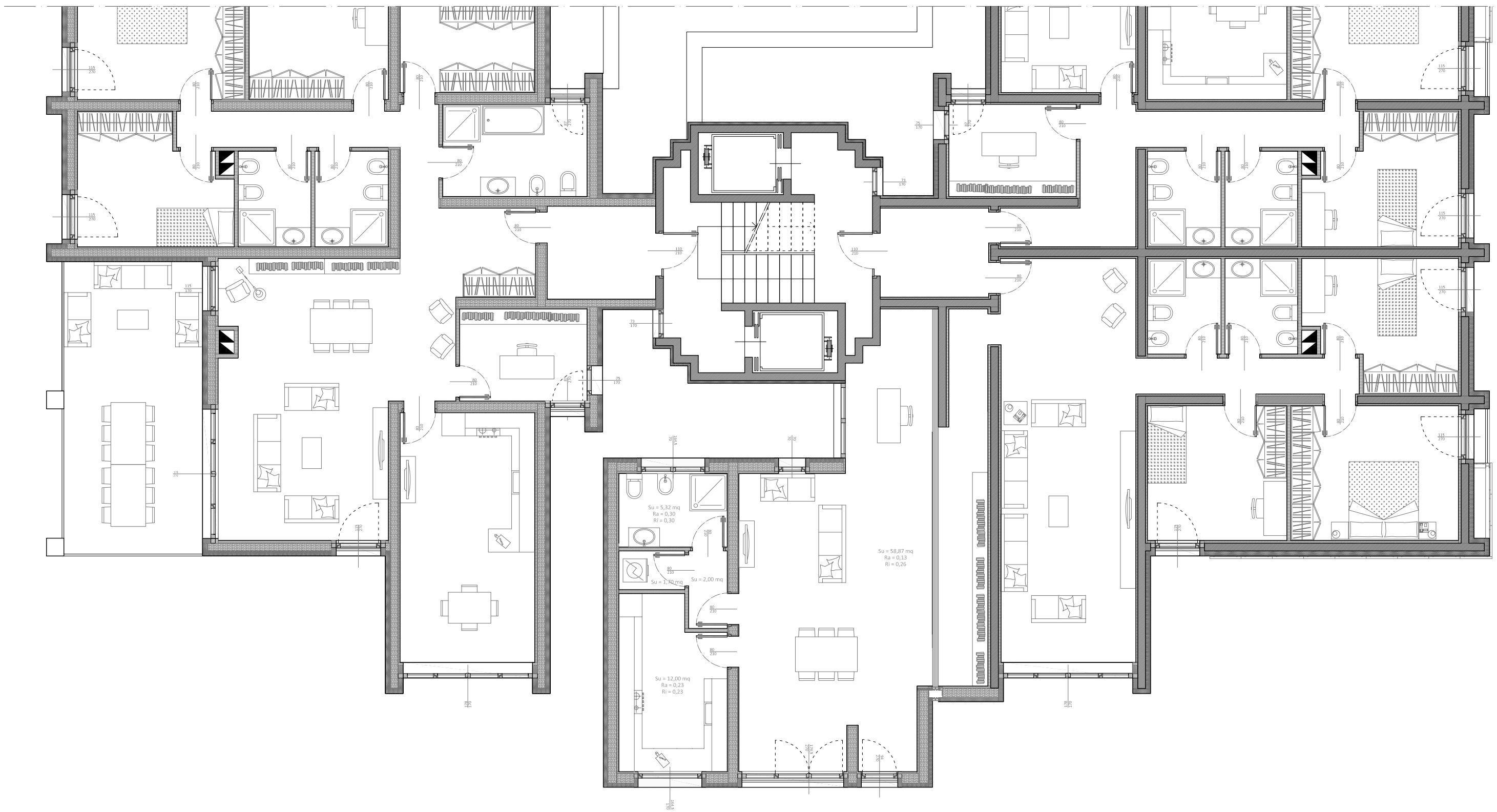




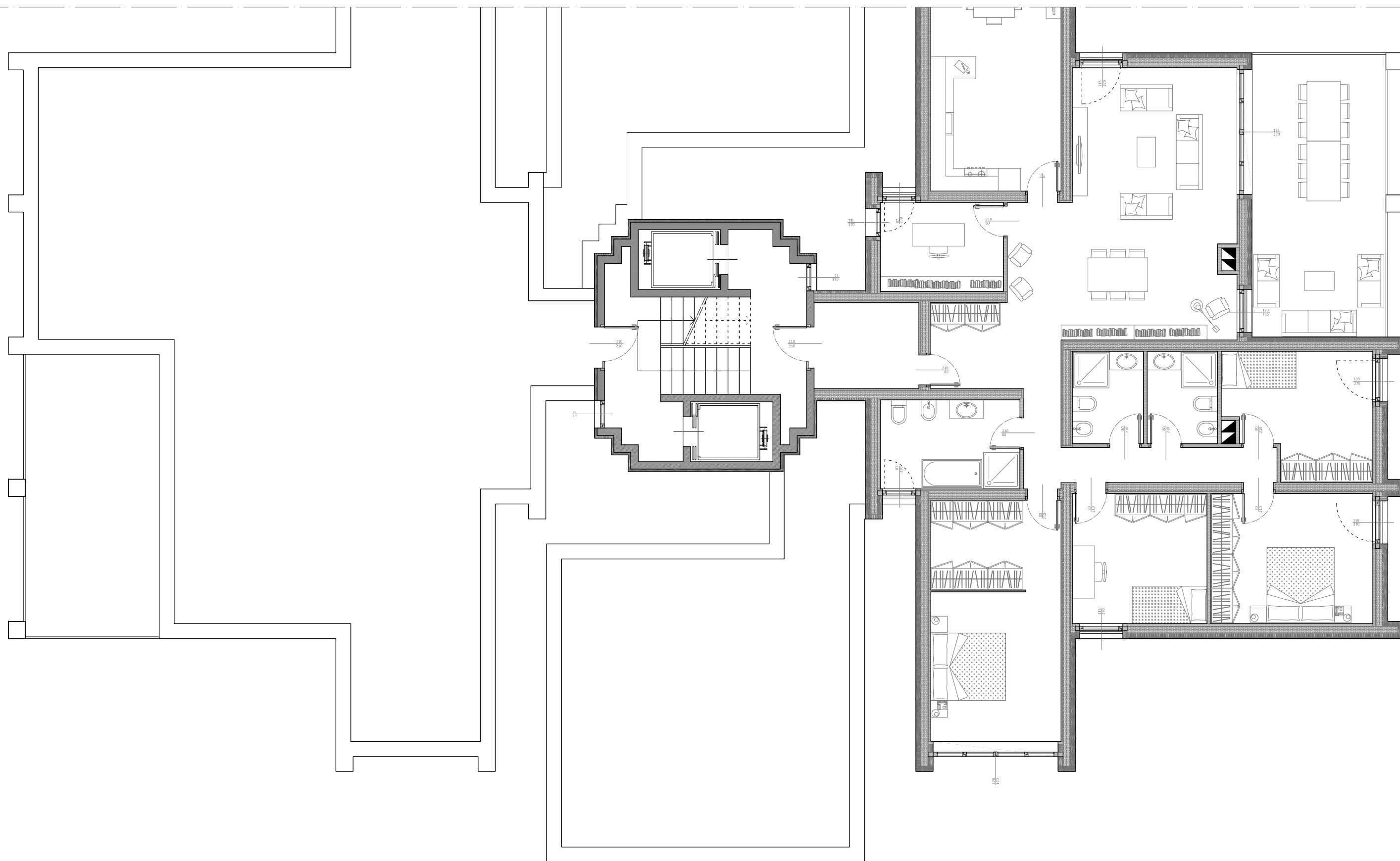


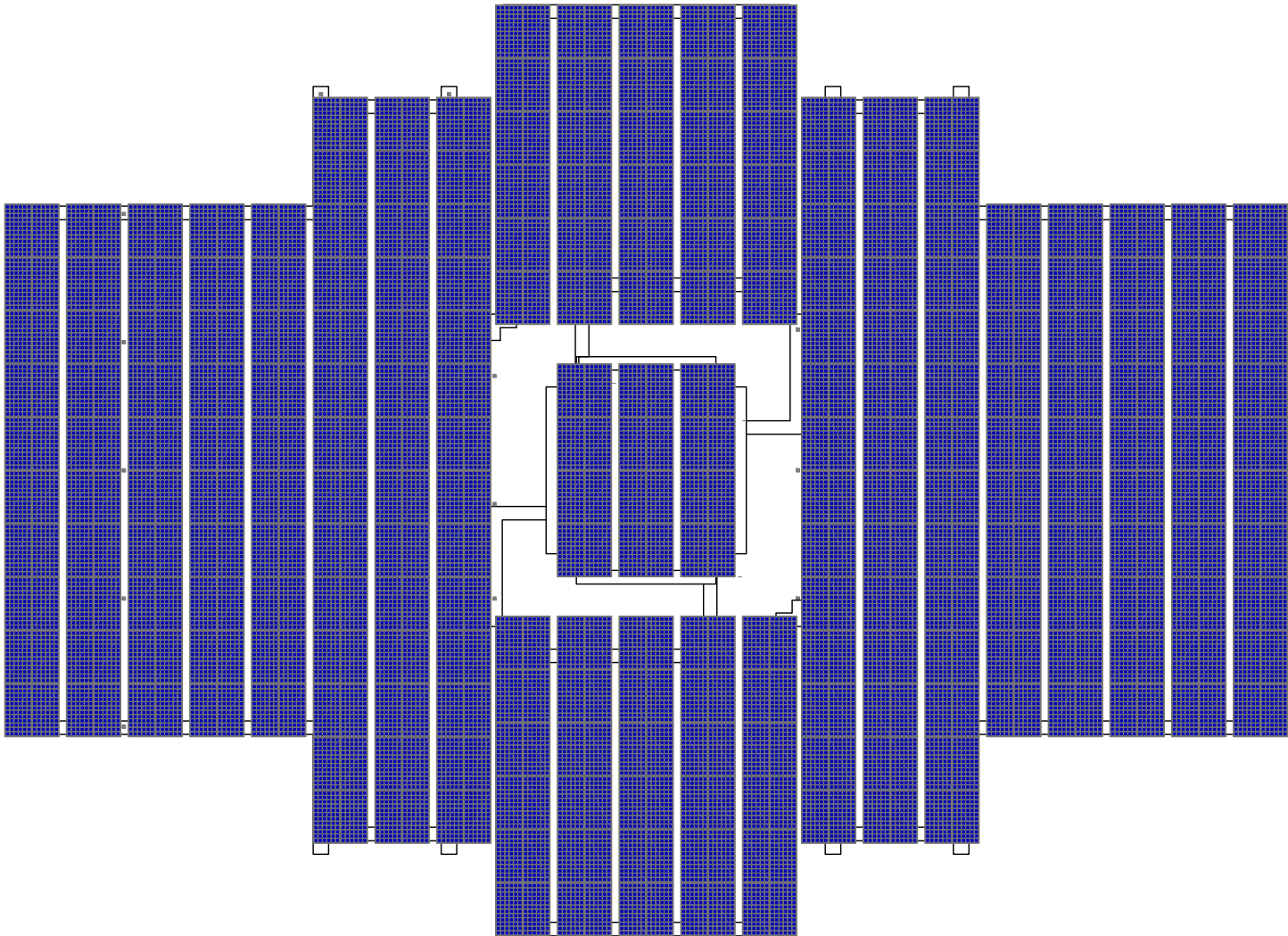


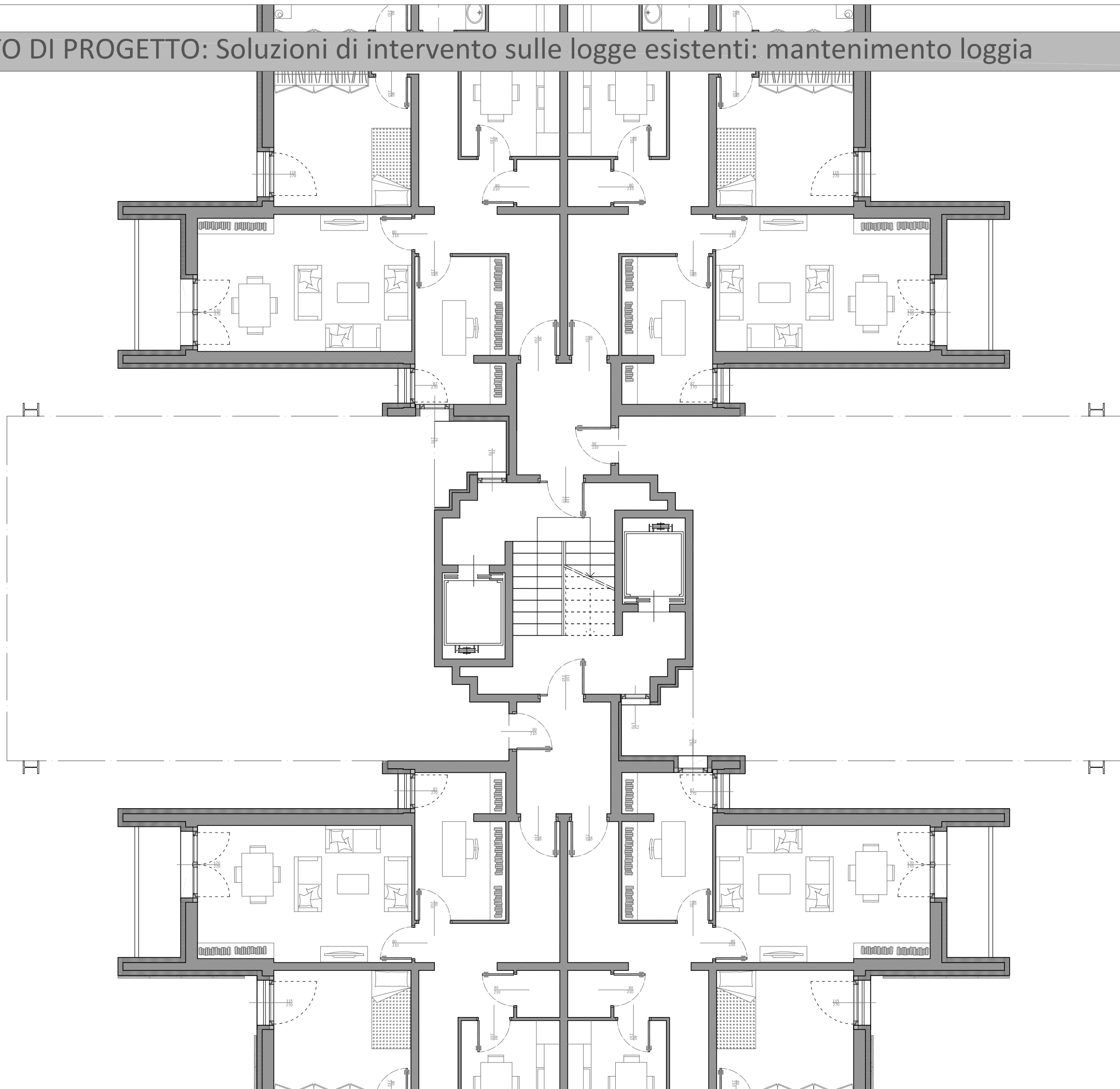
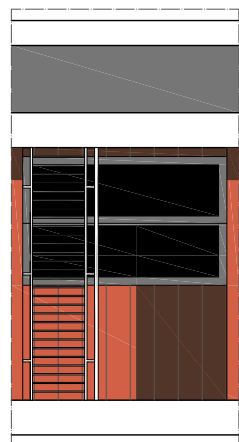
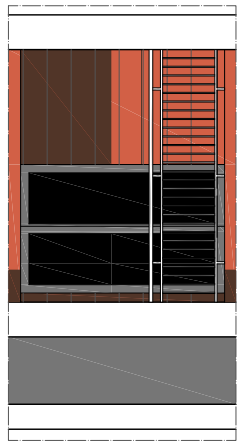
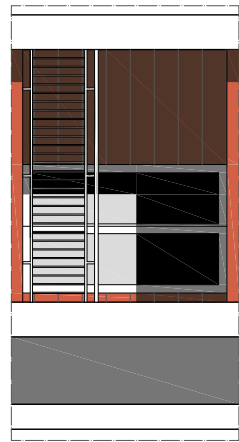




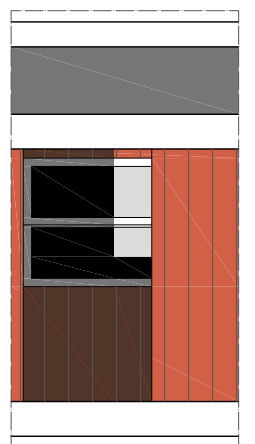
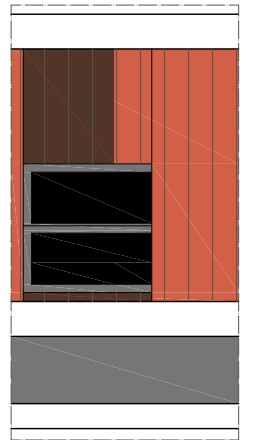
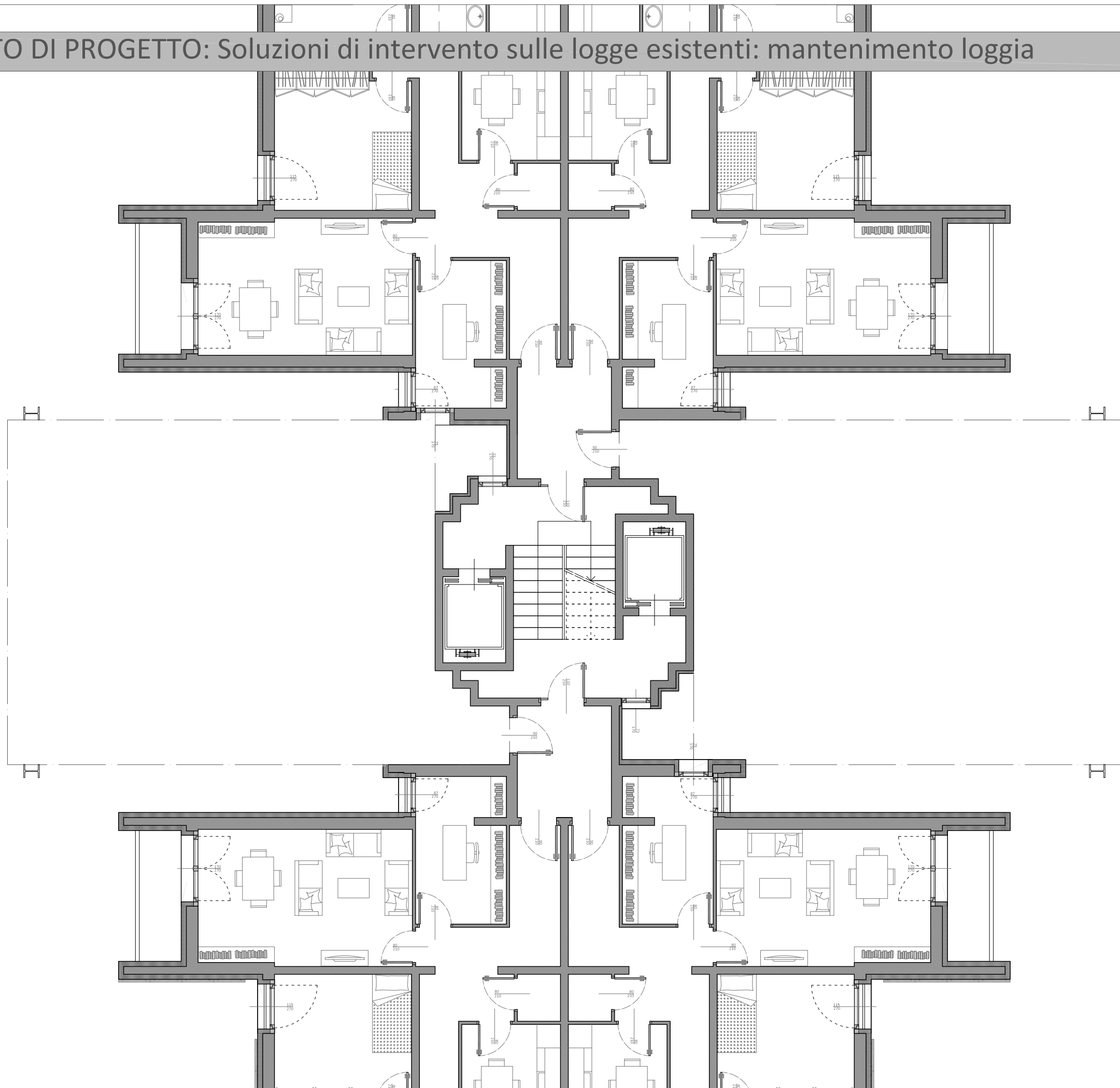
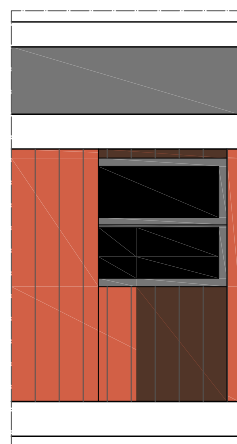
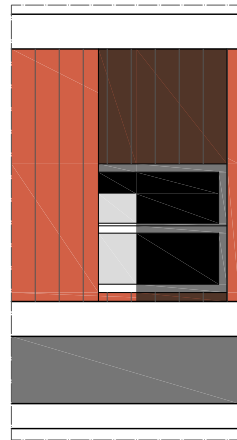




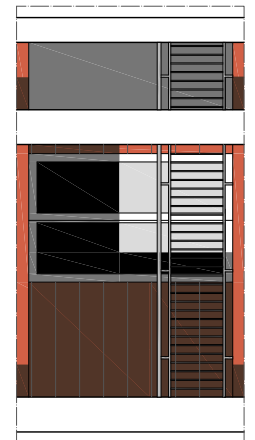
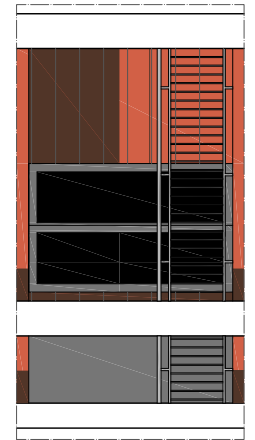
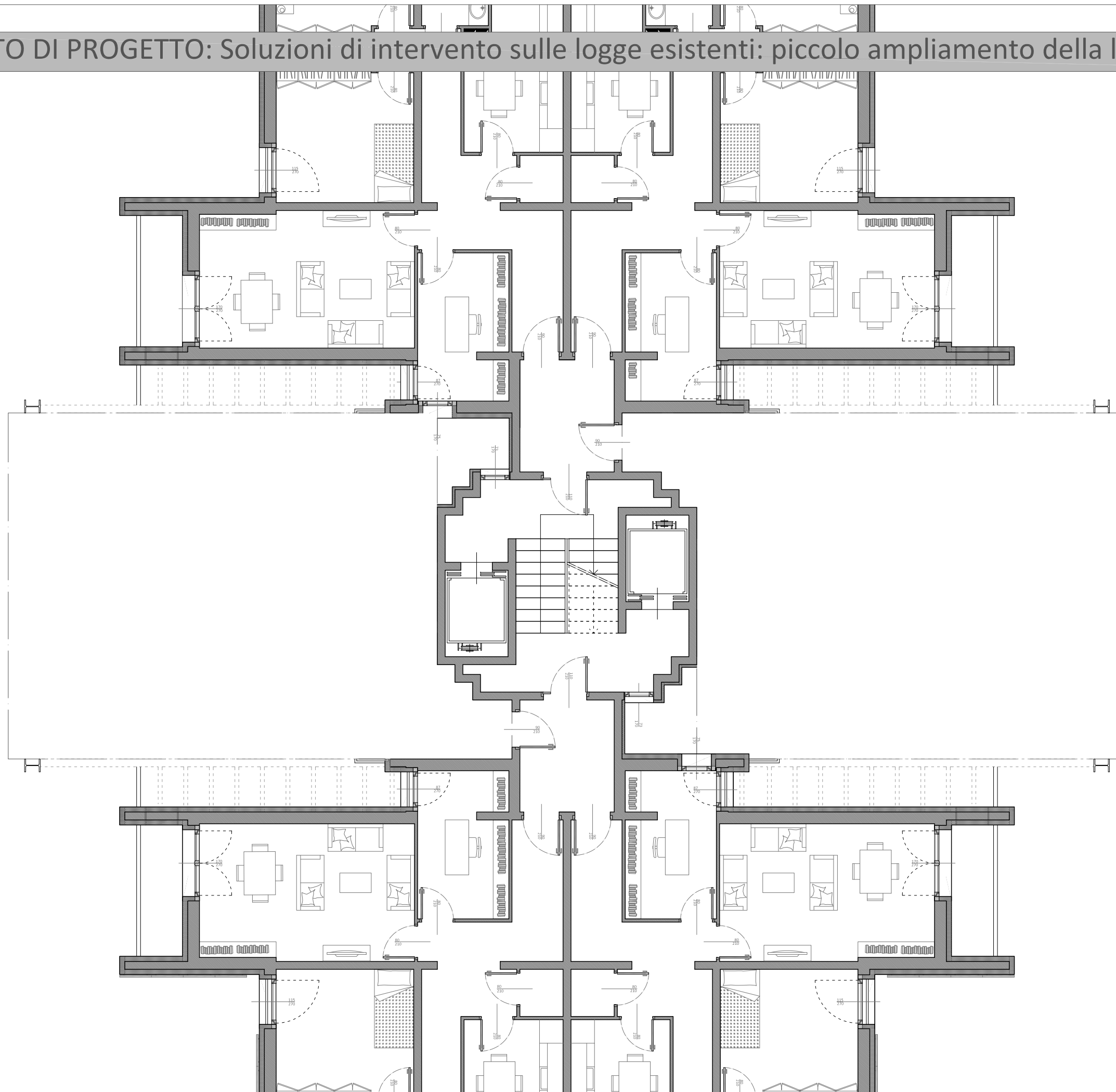






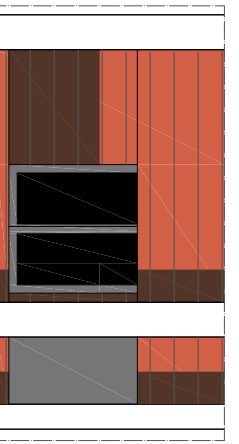
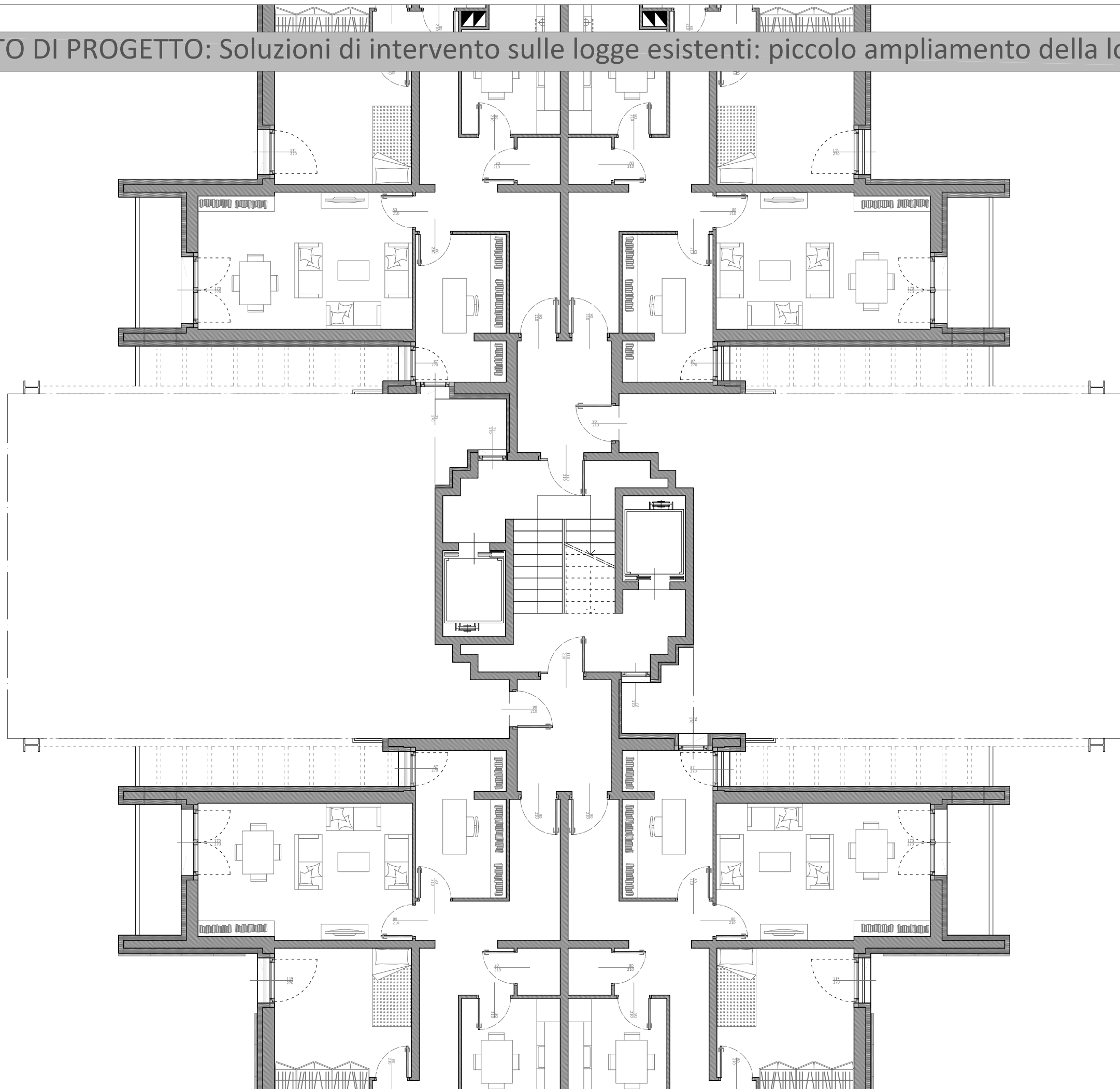
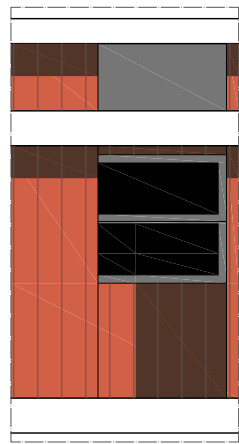
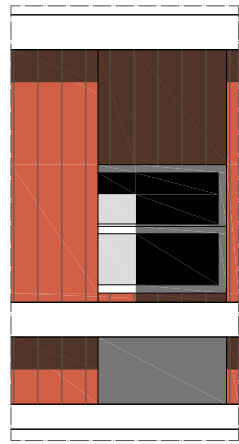


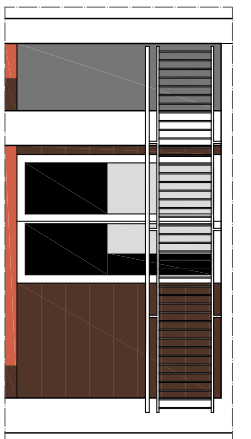
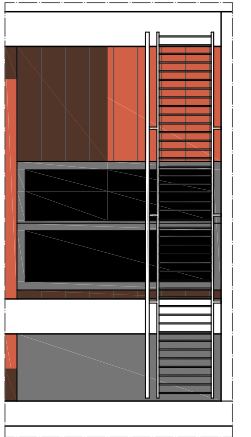
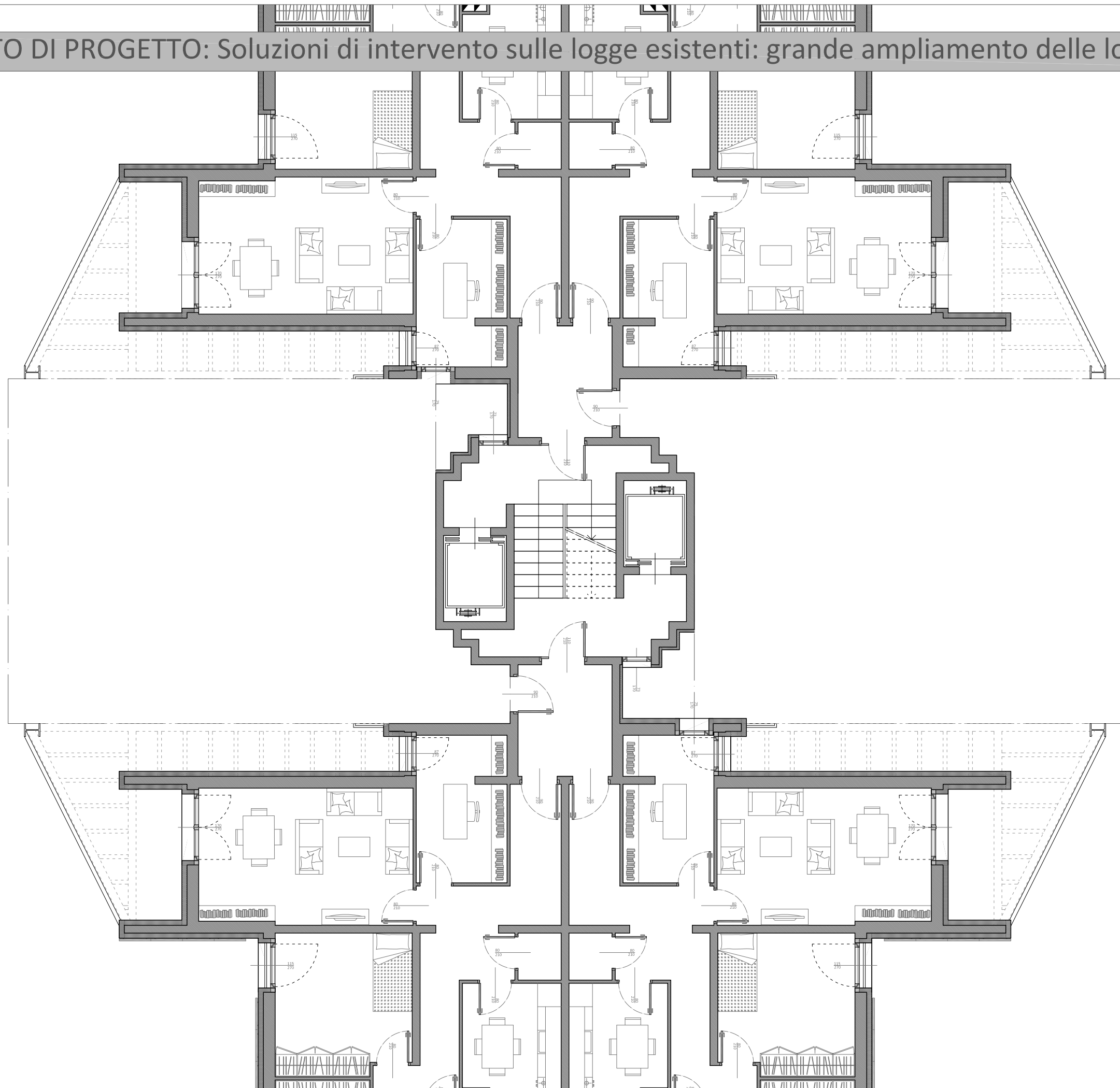
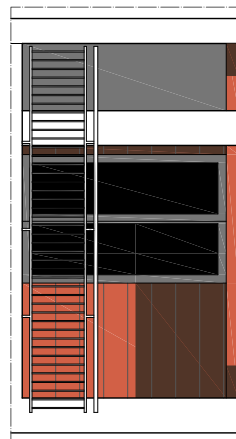
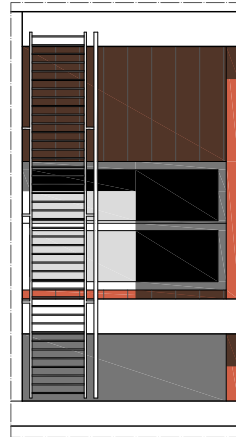


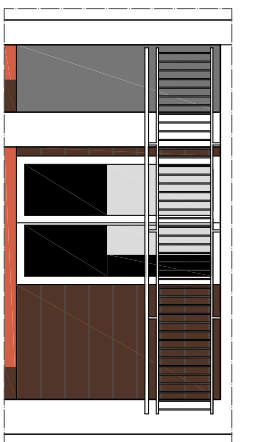
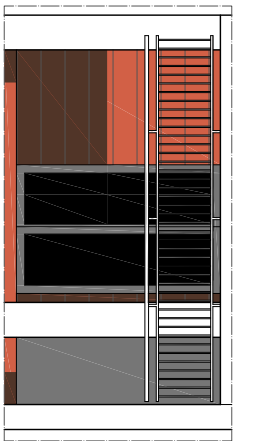
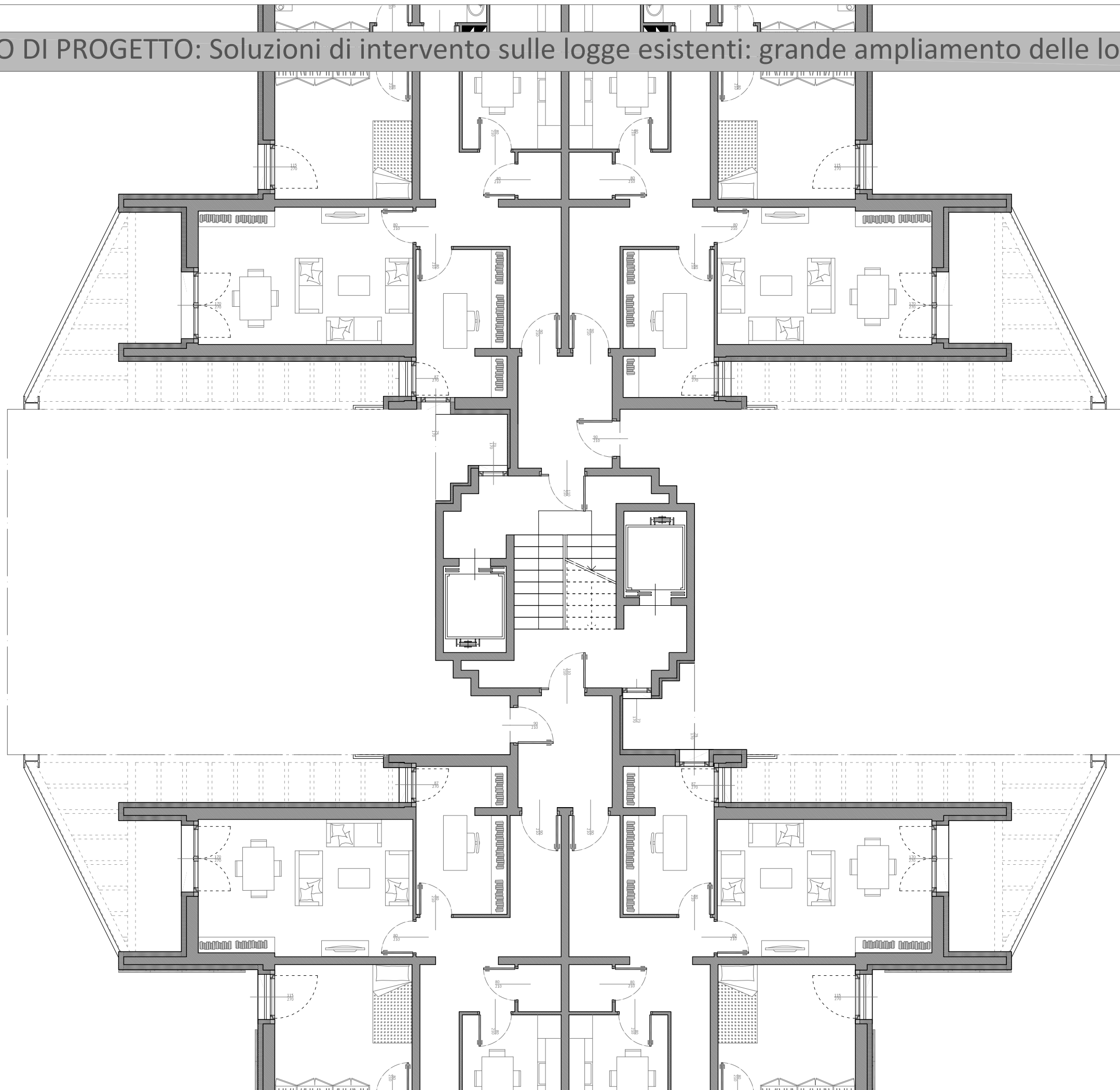
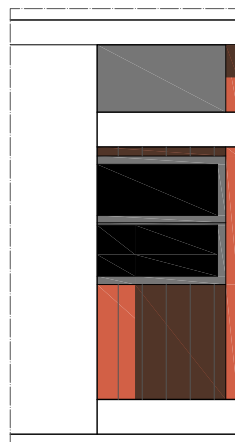
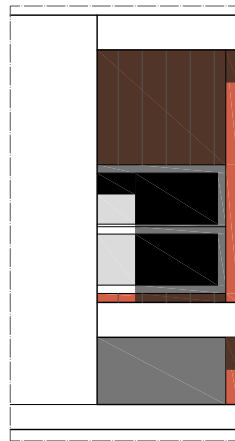


Tav.  
23B

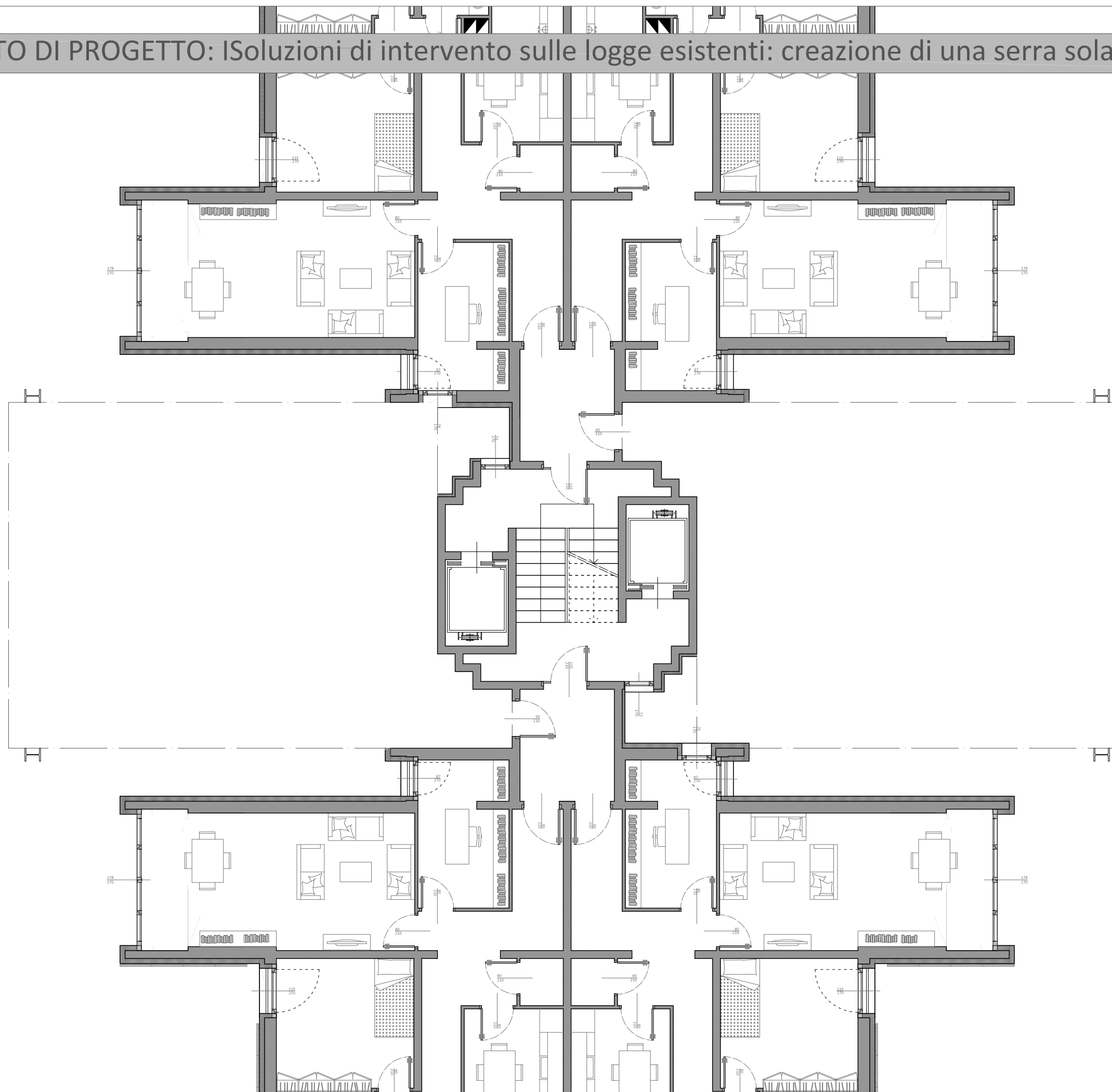
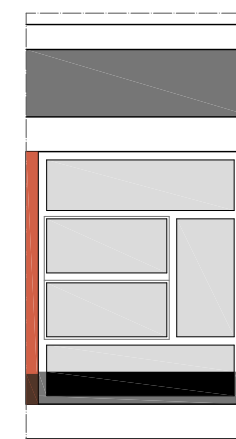
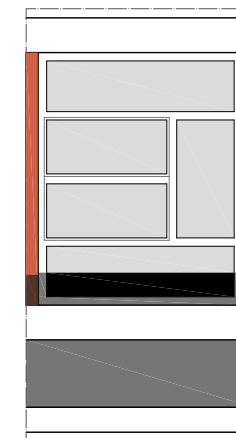
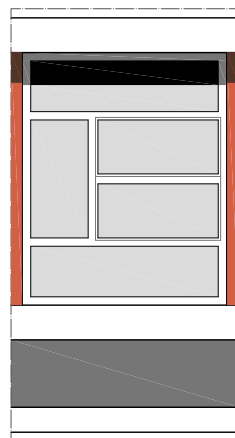
STATO DI PROGETTO: Soluzioni di intervento sulle logge esistenti: piccolo ampliamento della loggia Scala 1:100

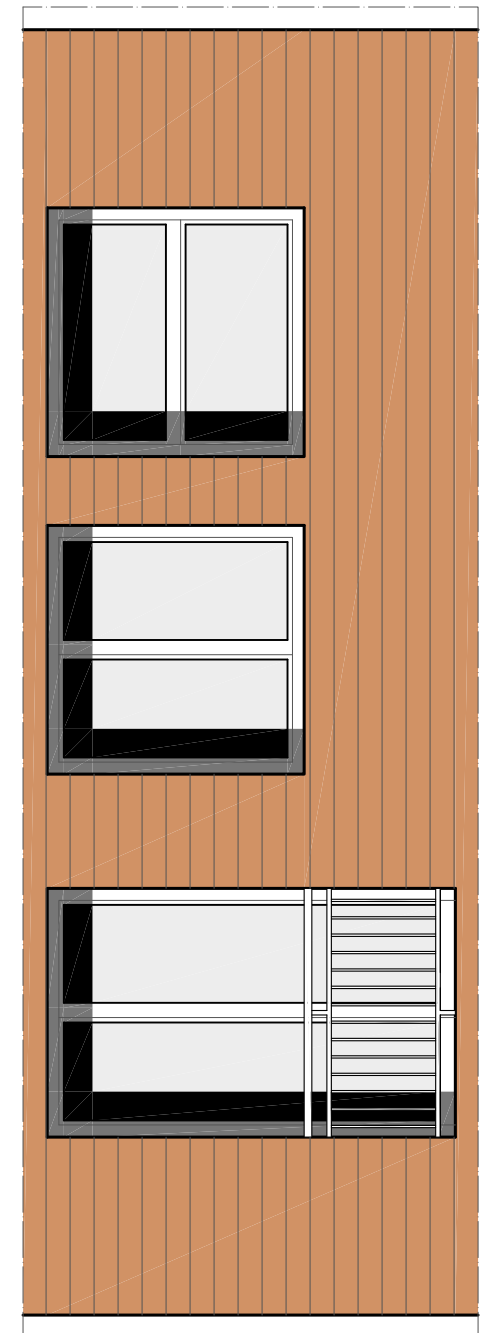
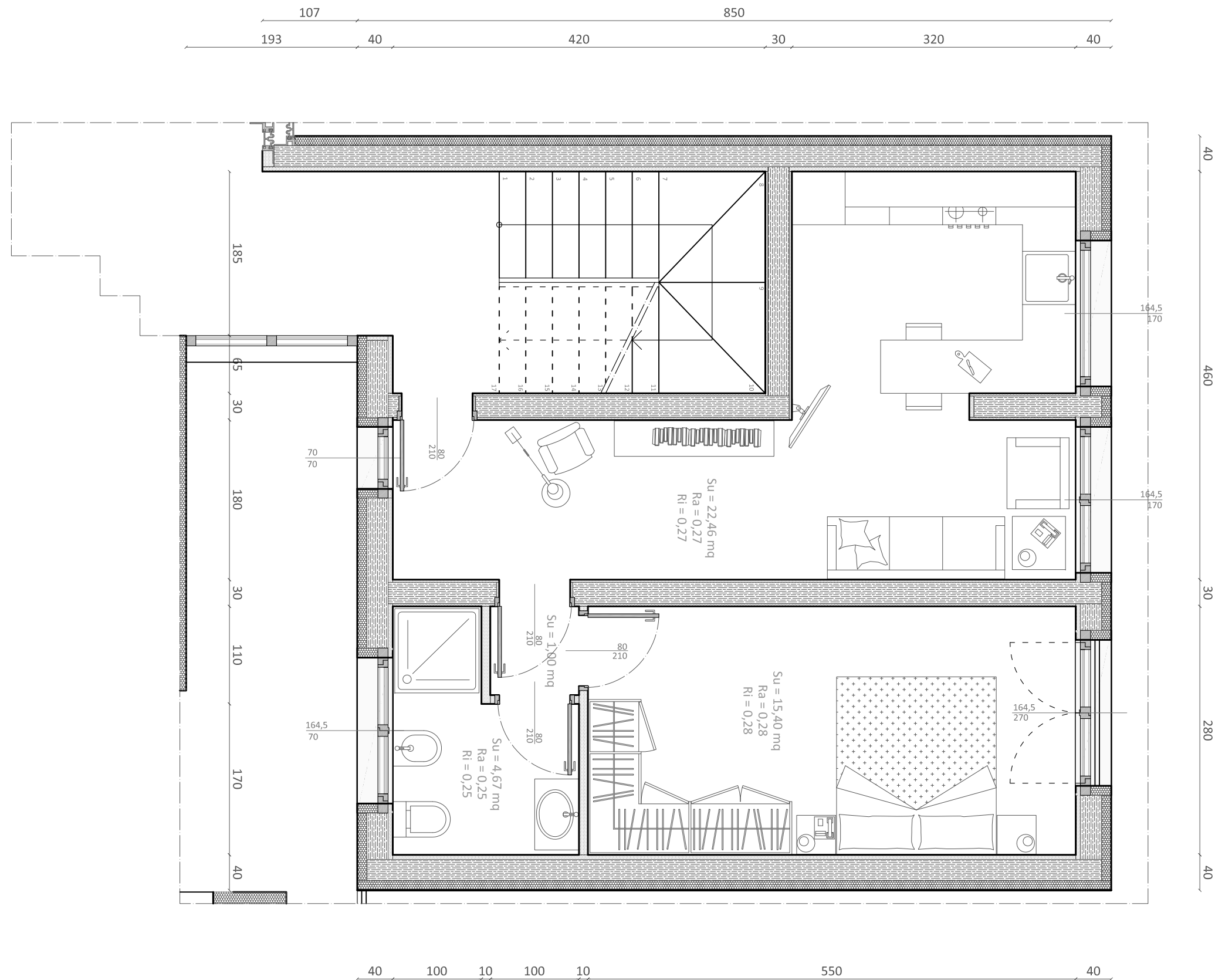


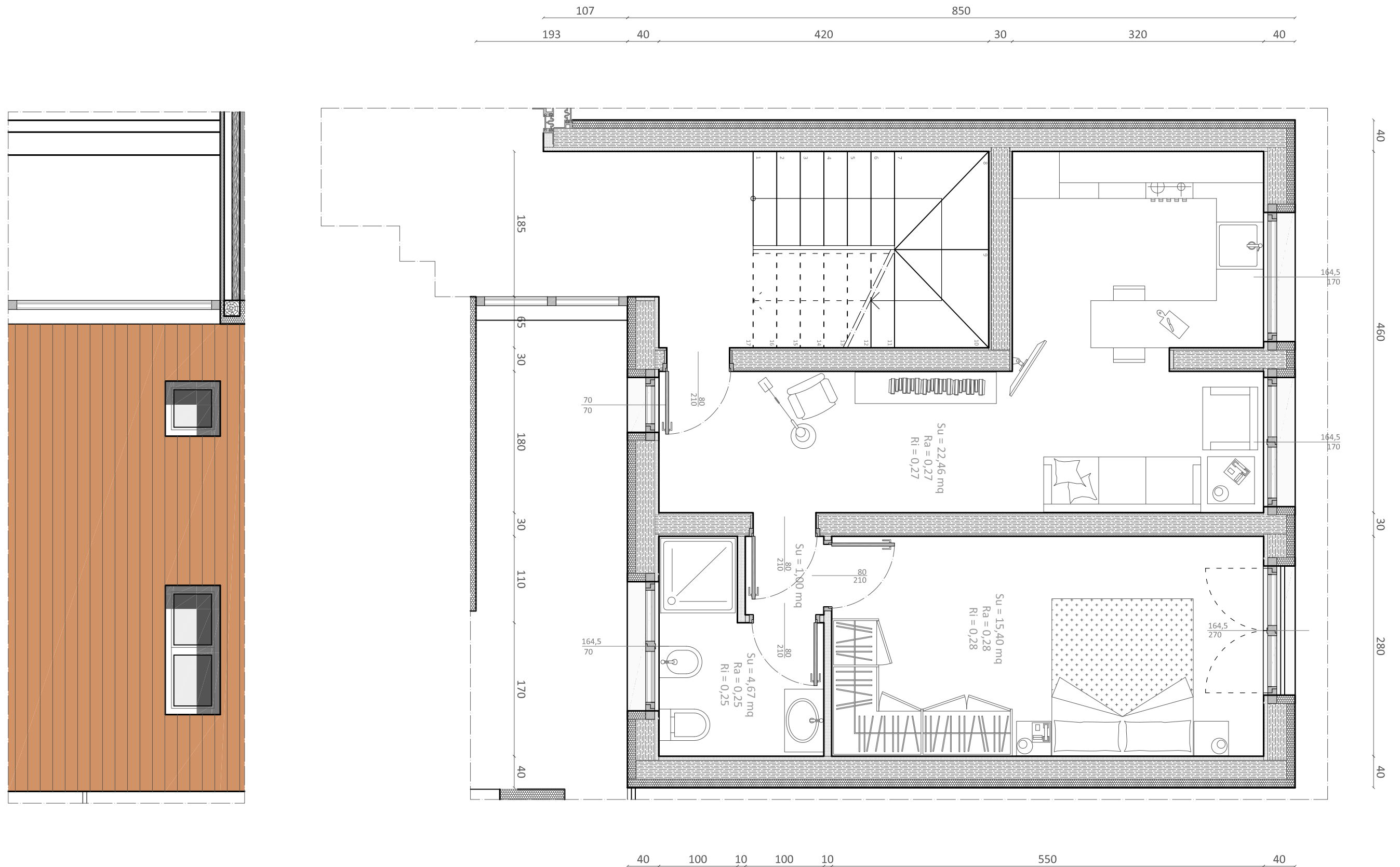




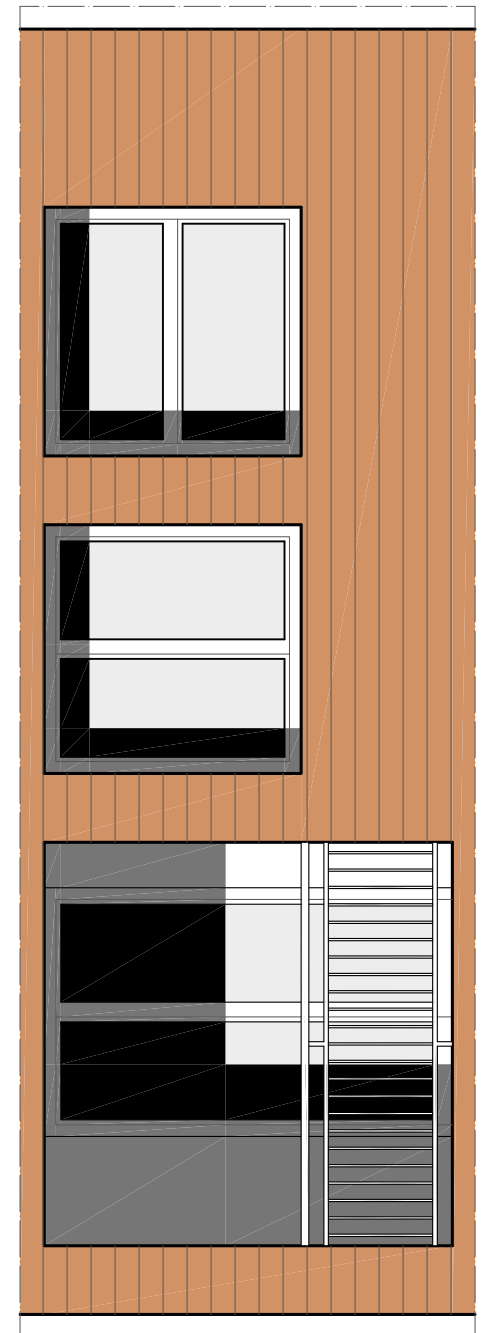
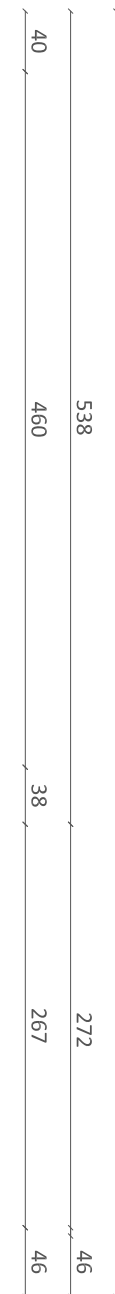
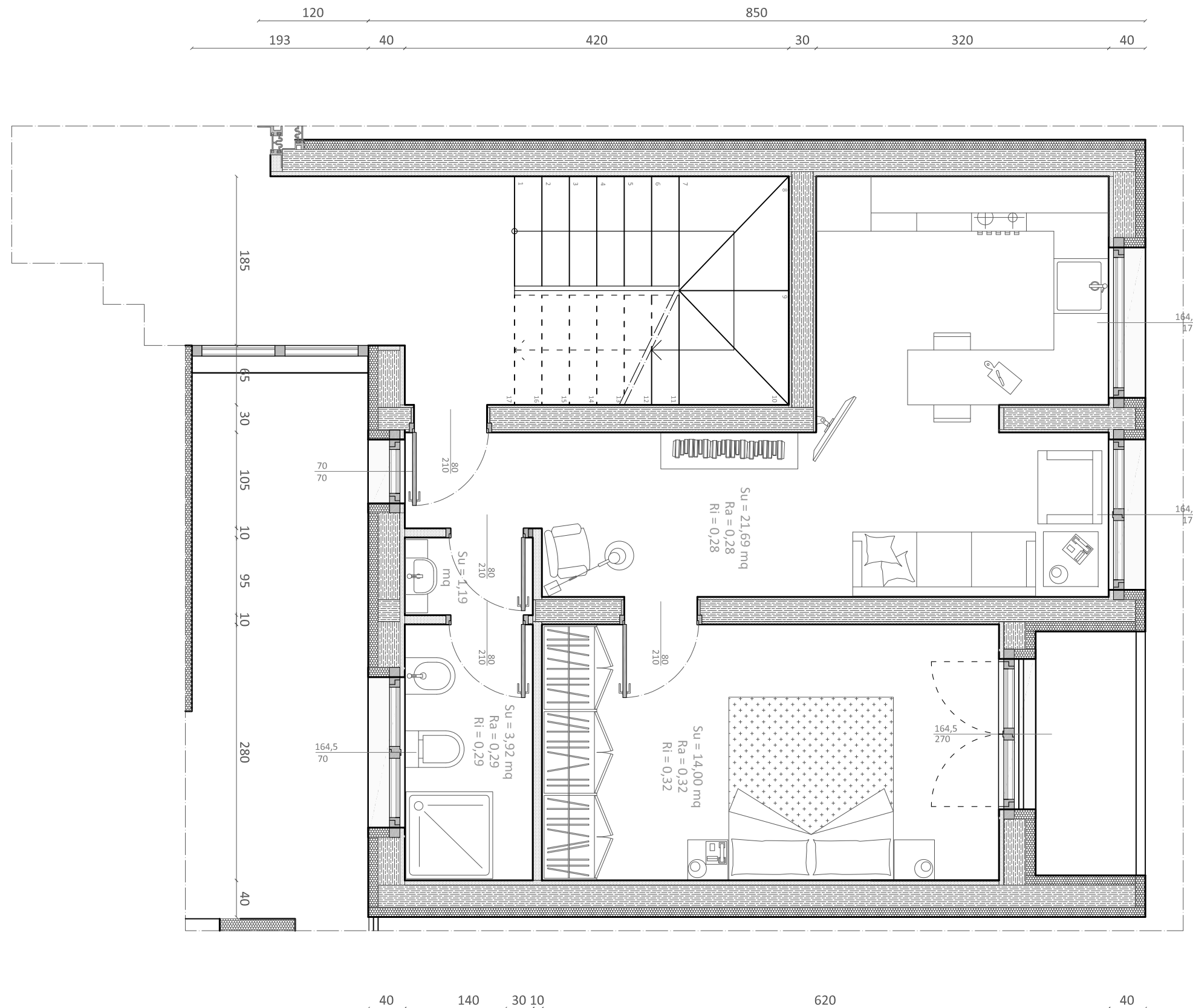


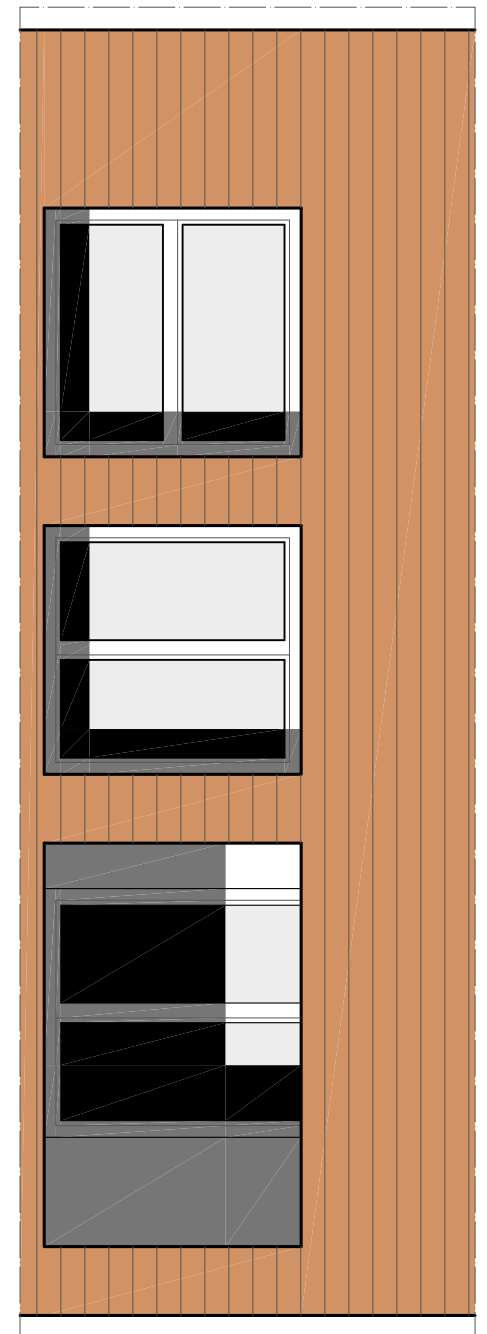
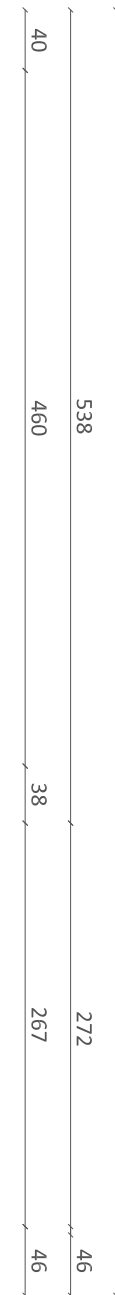
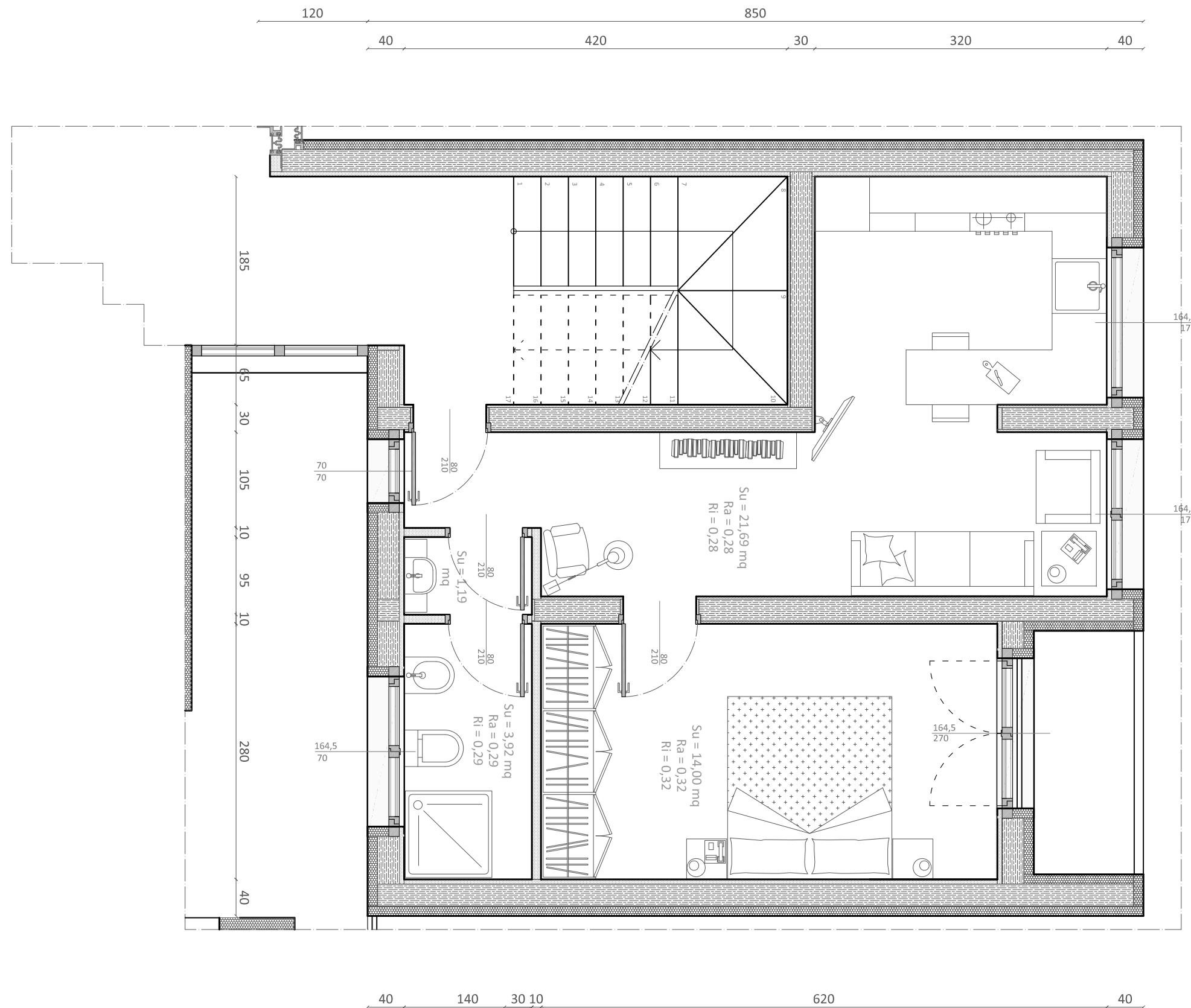


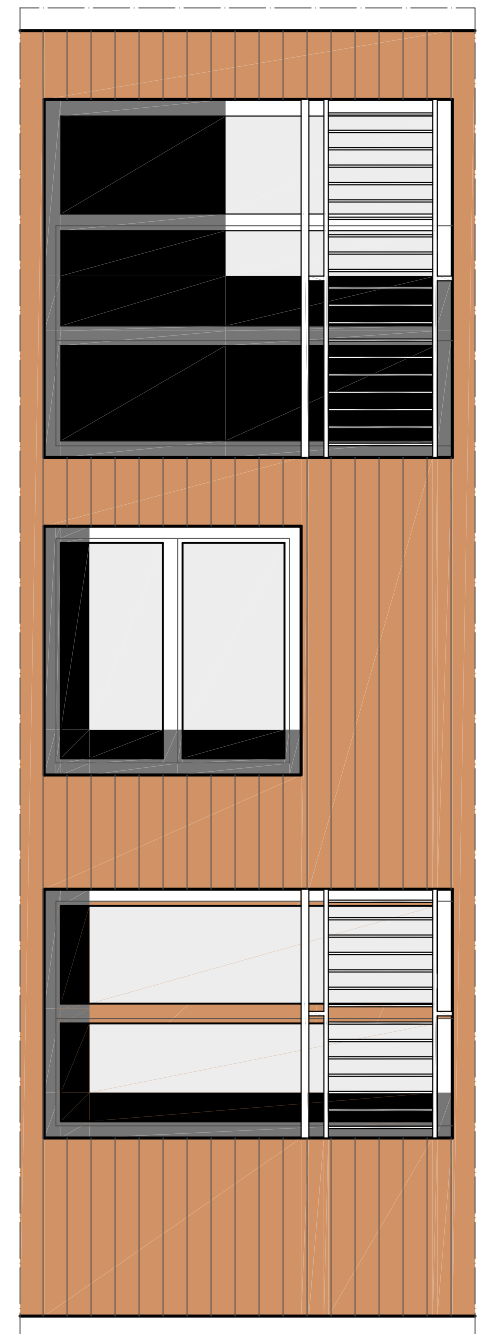
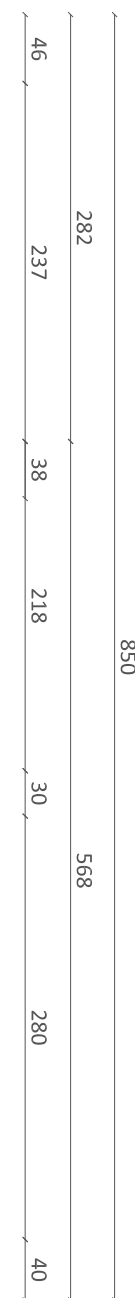
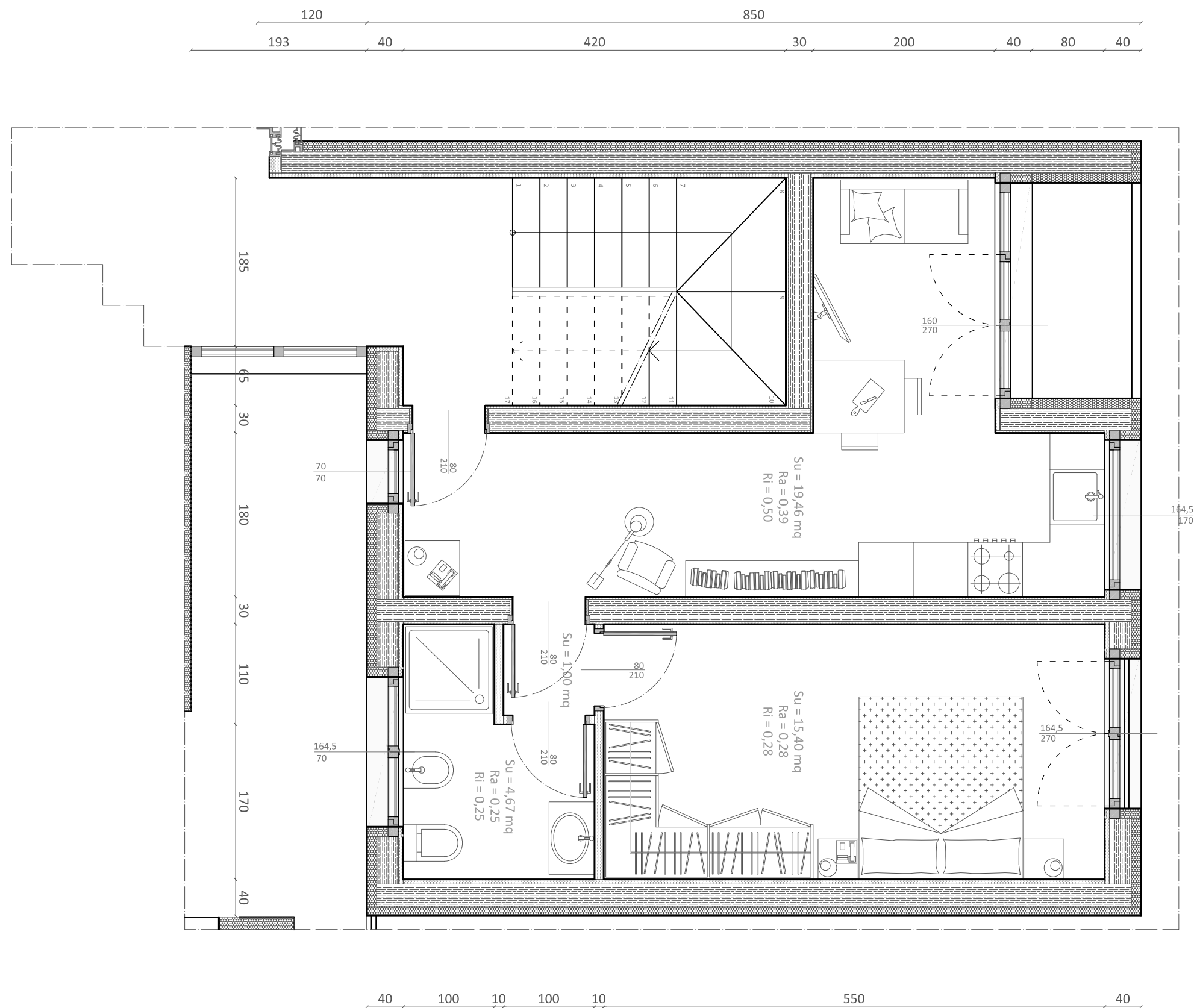


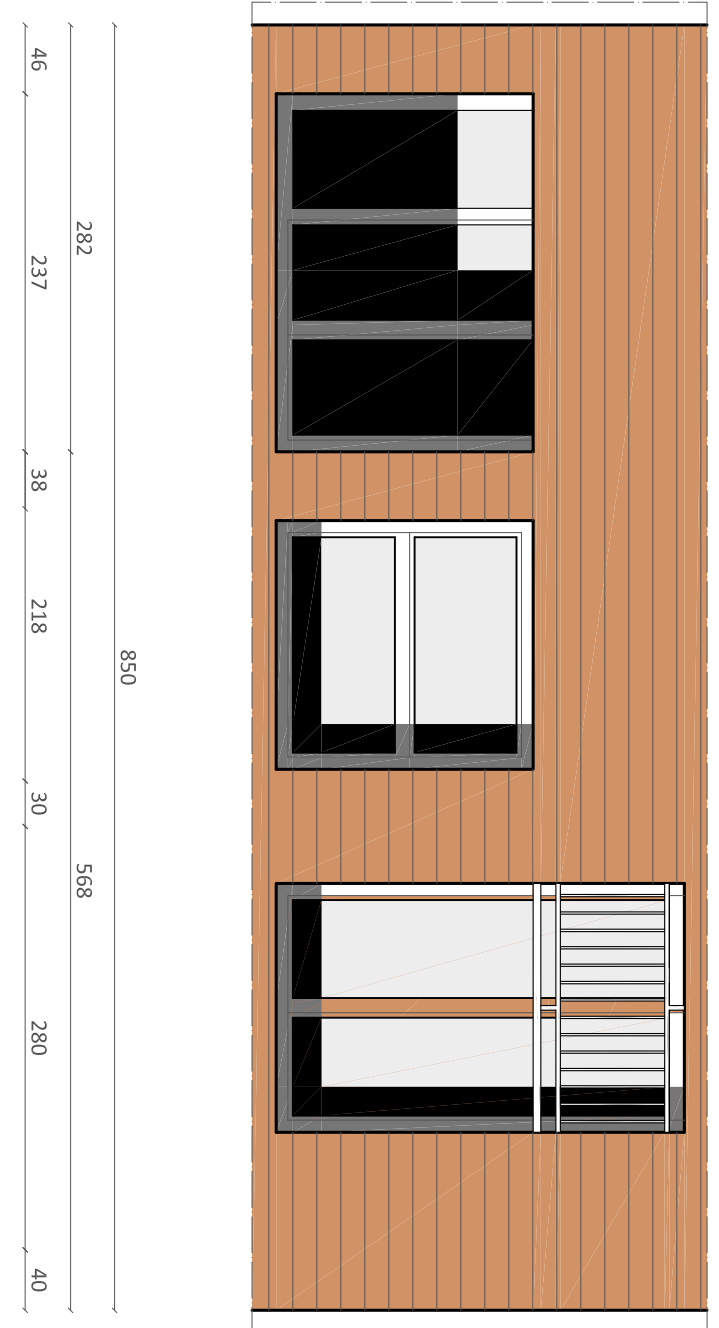


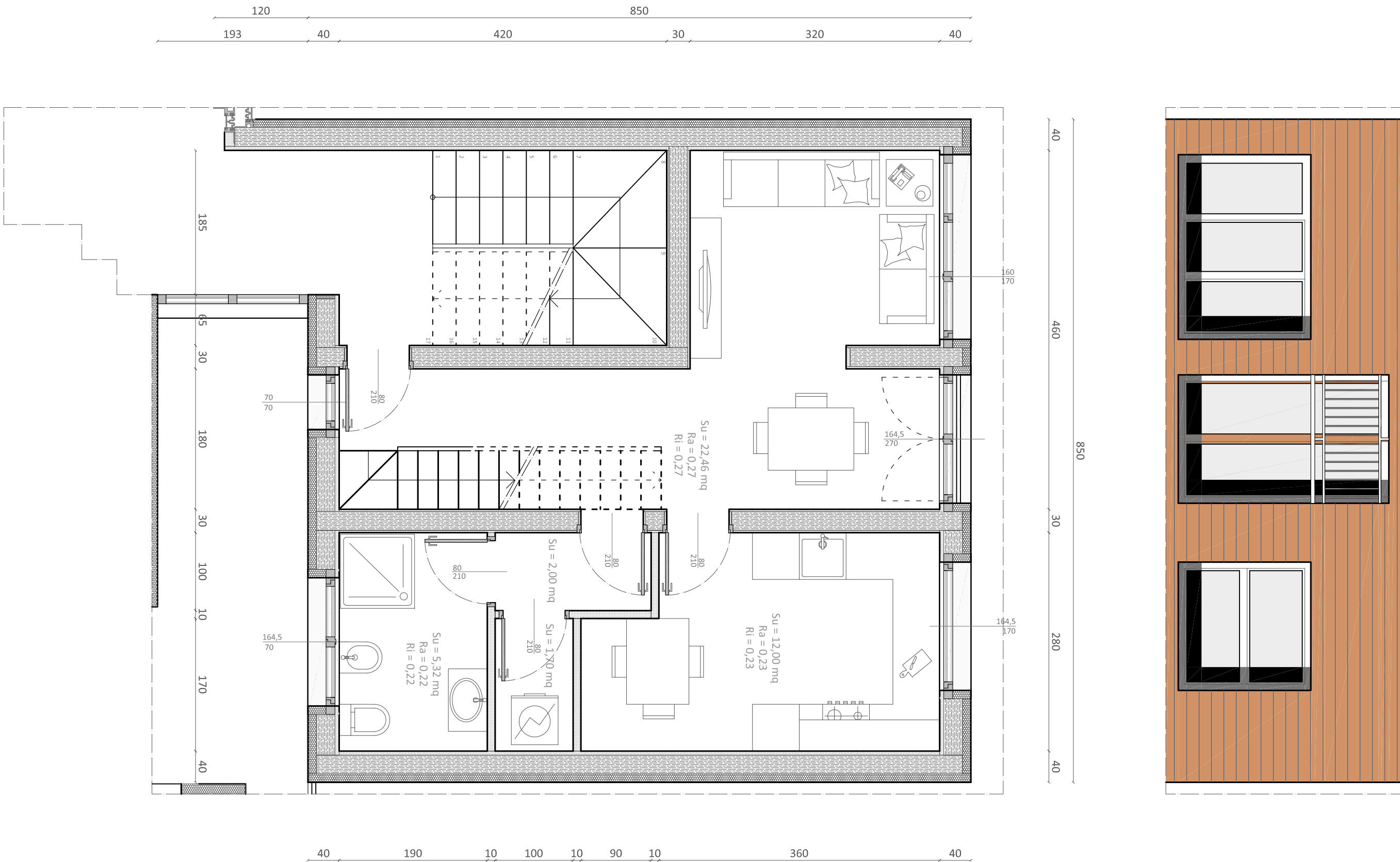


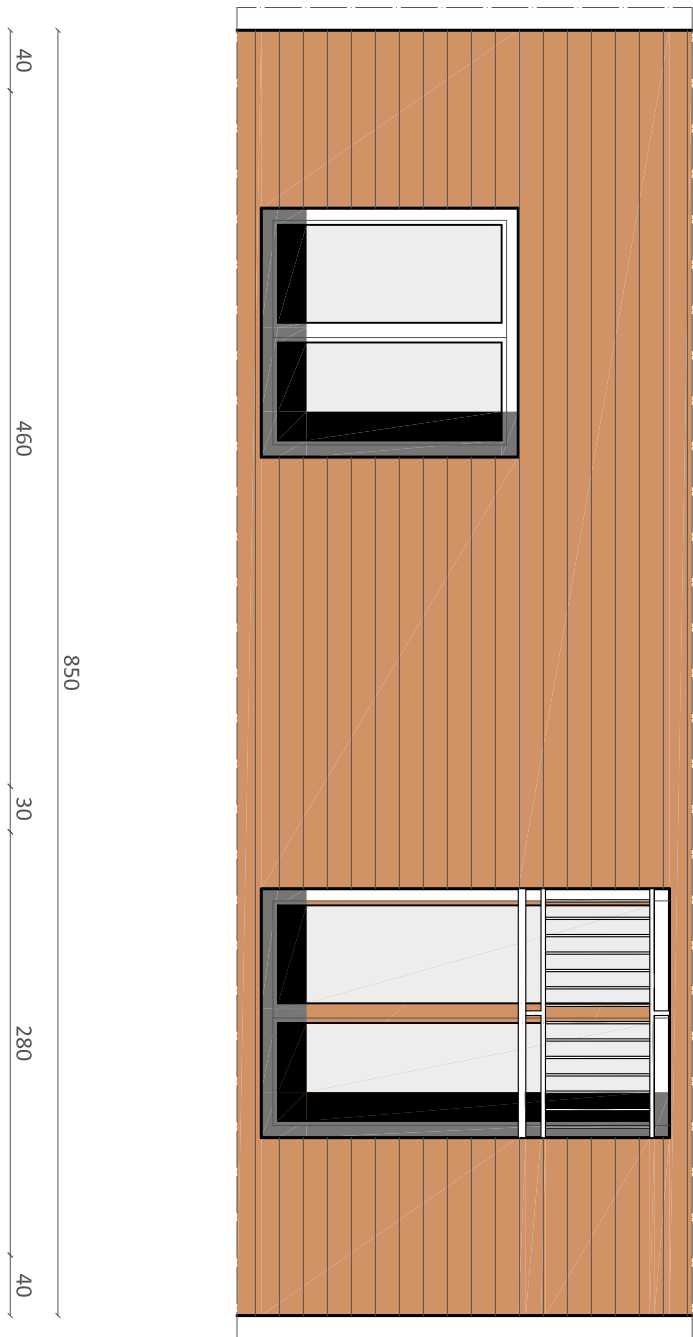
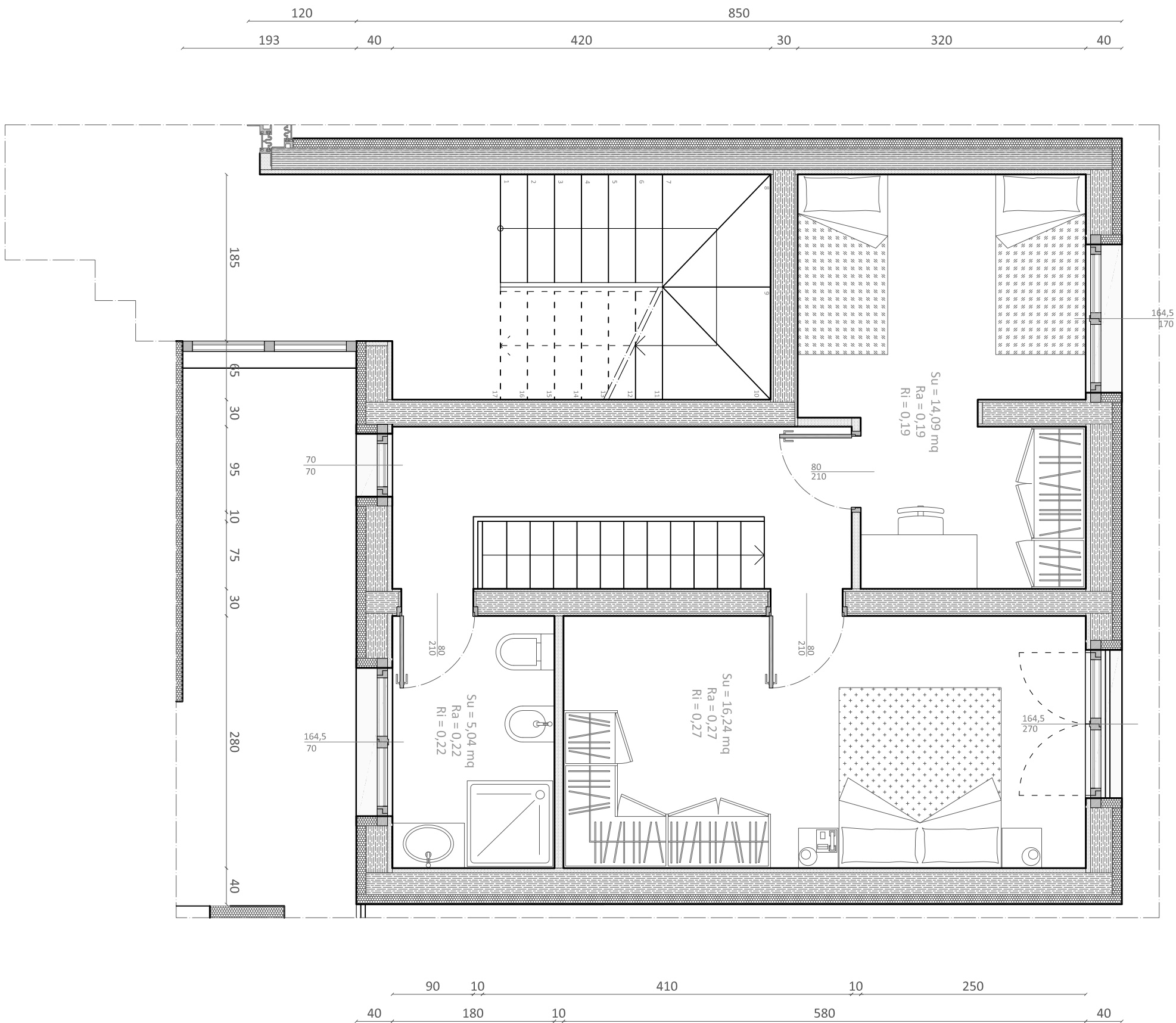




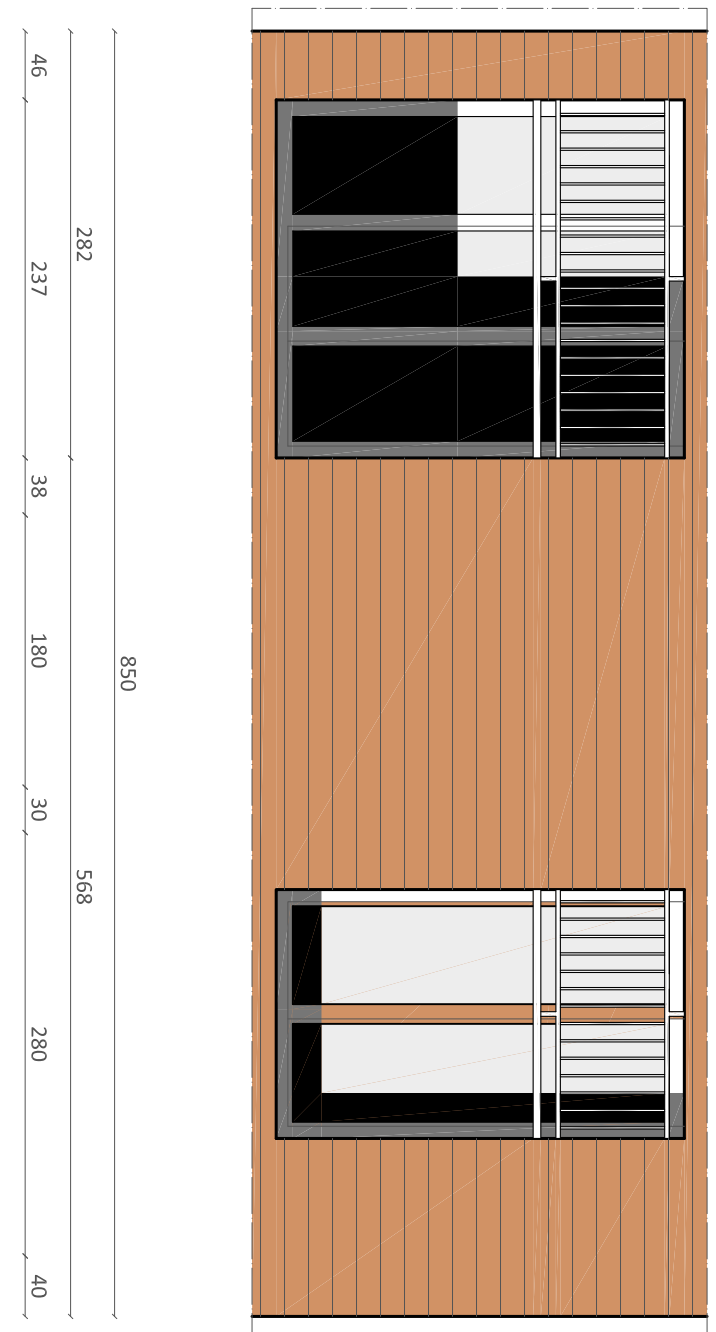
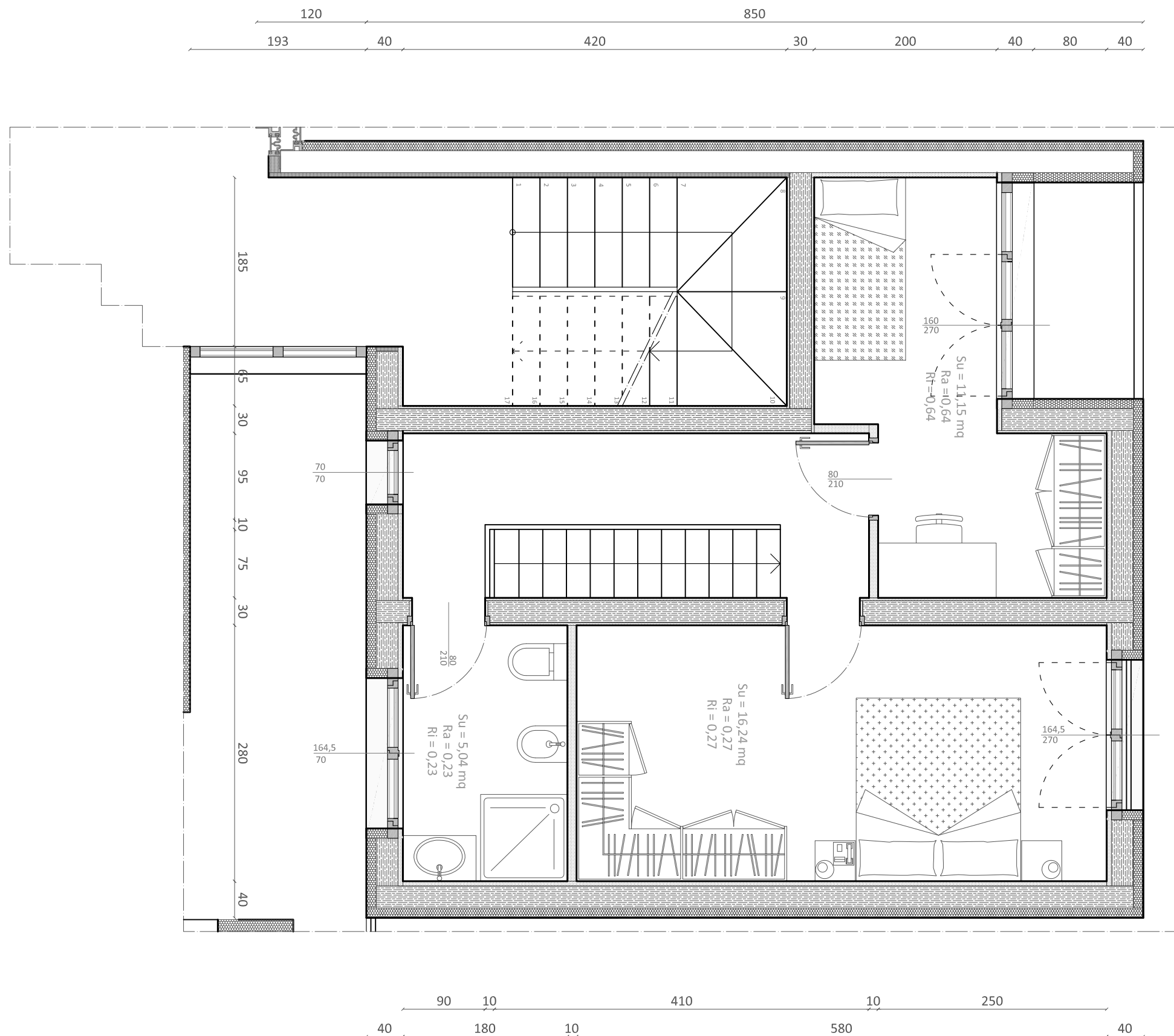




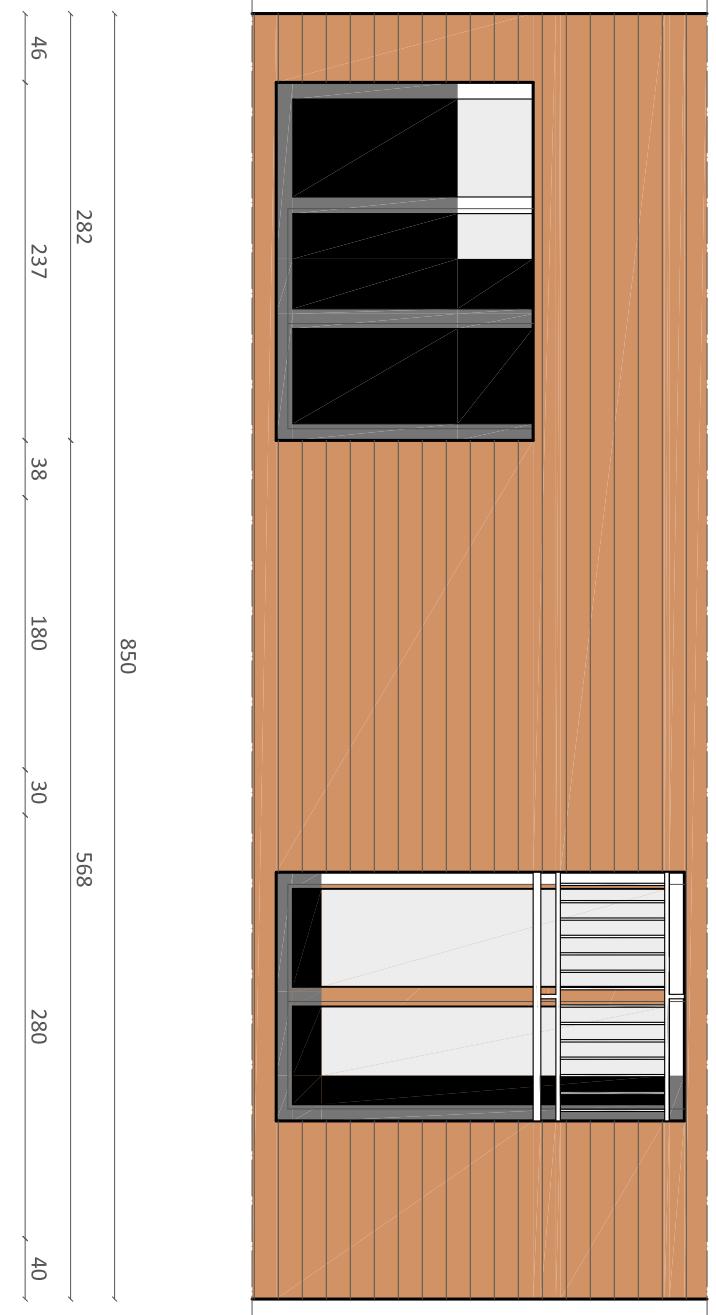
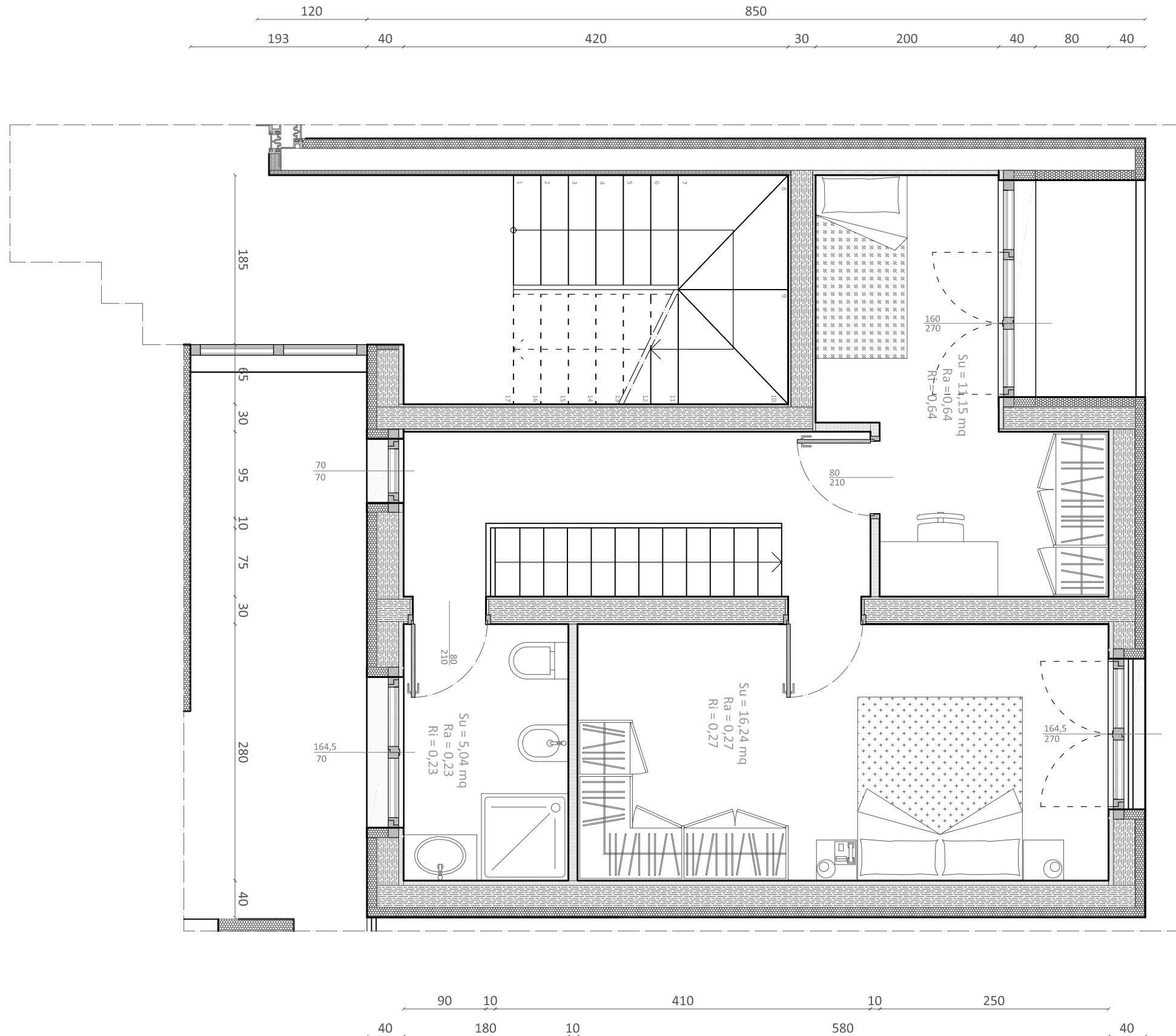


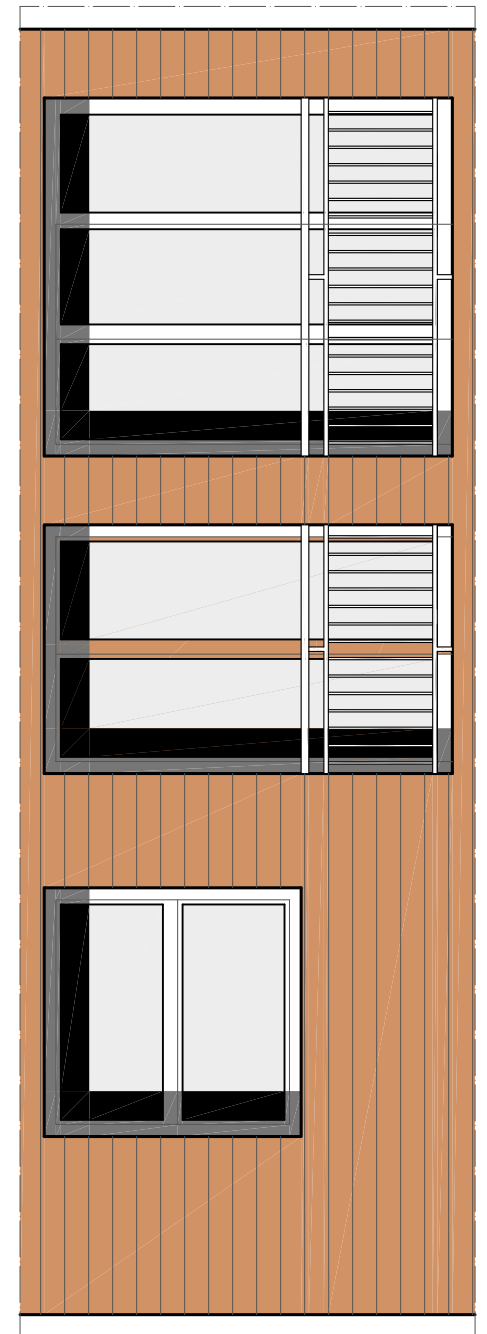
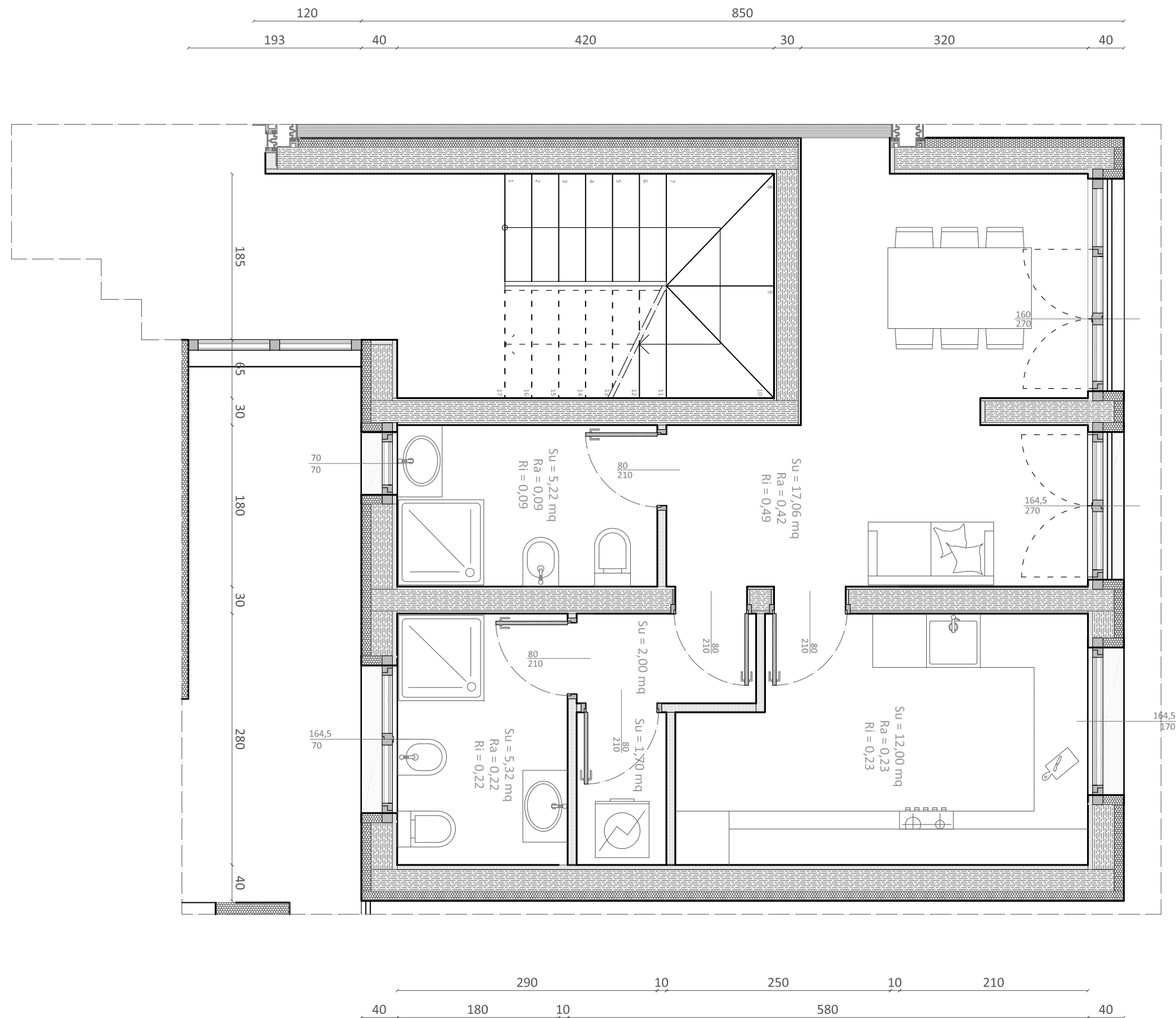


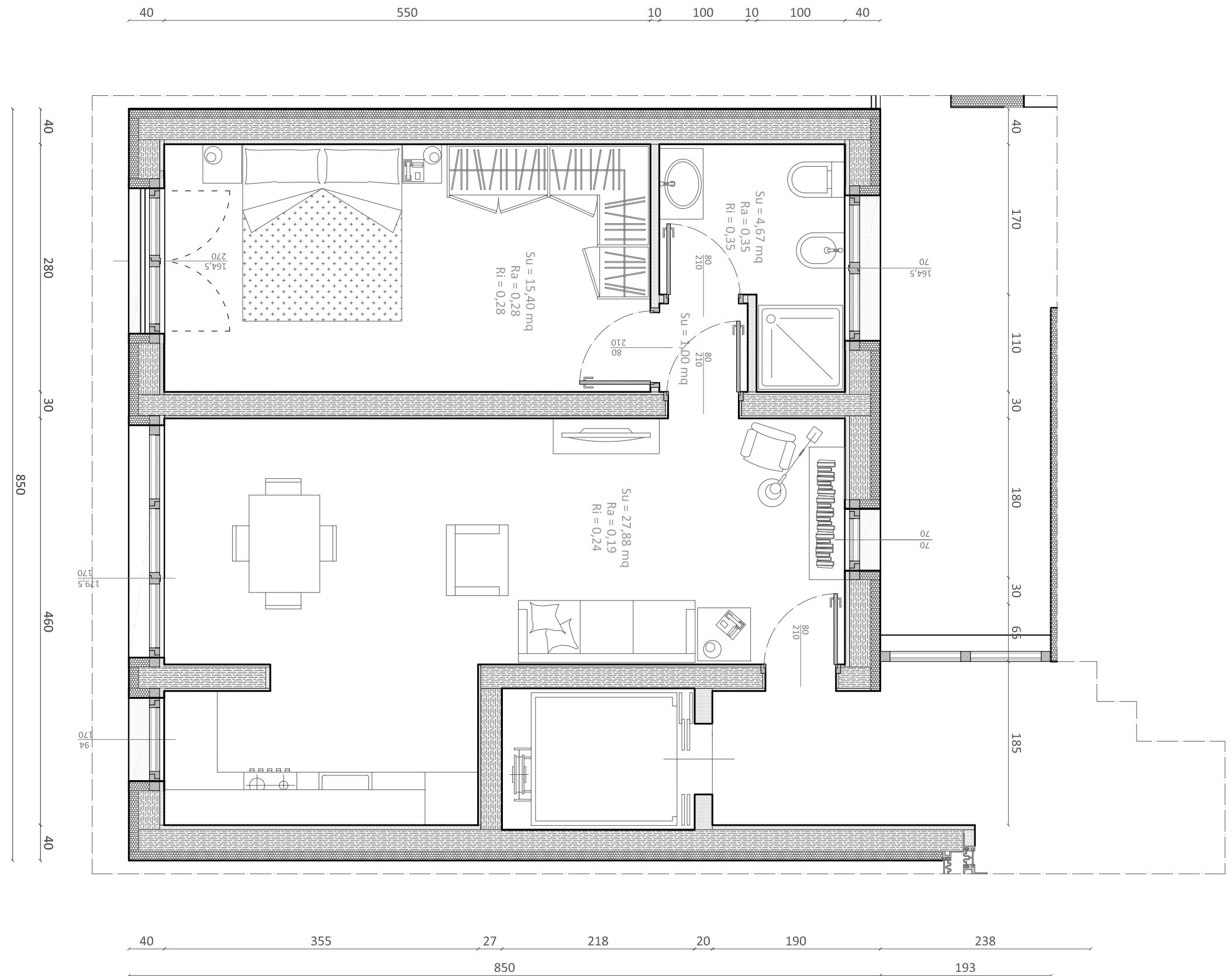
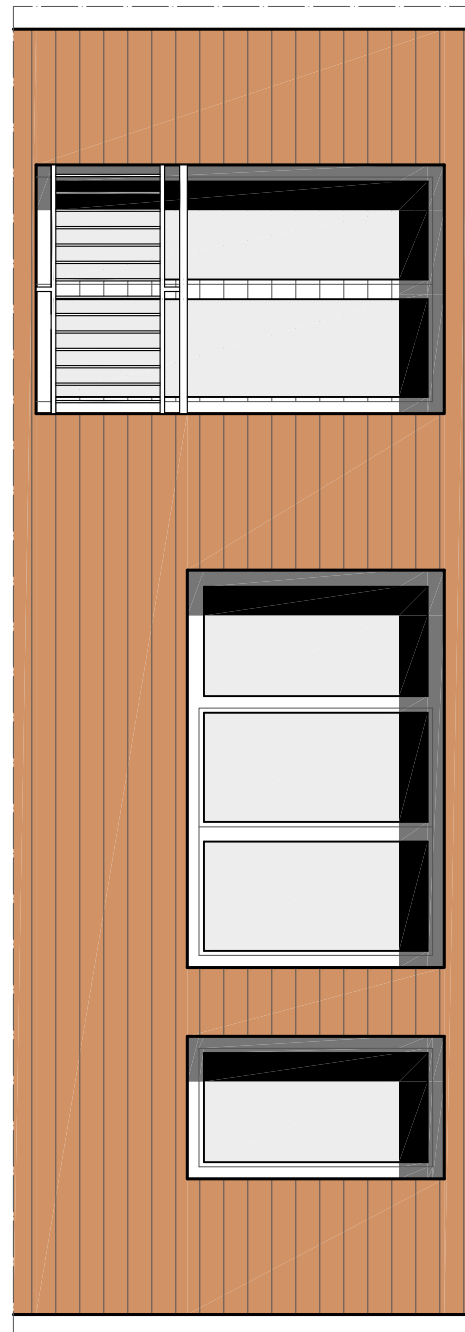


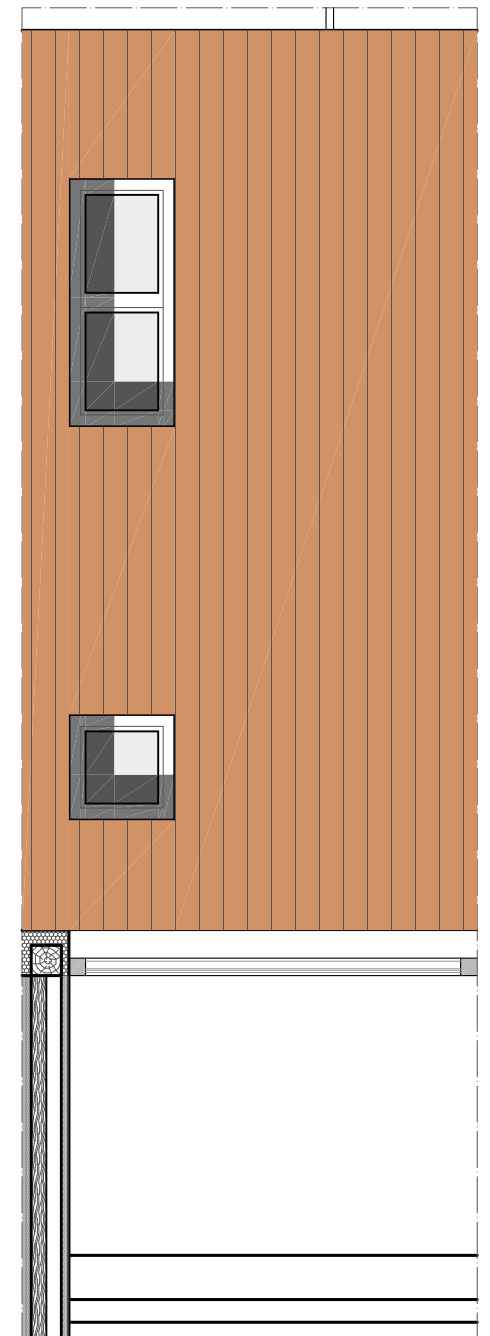
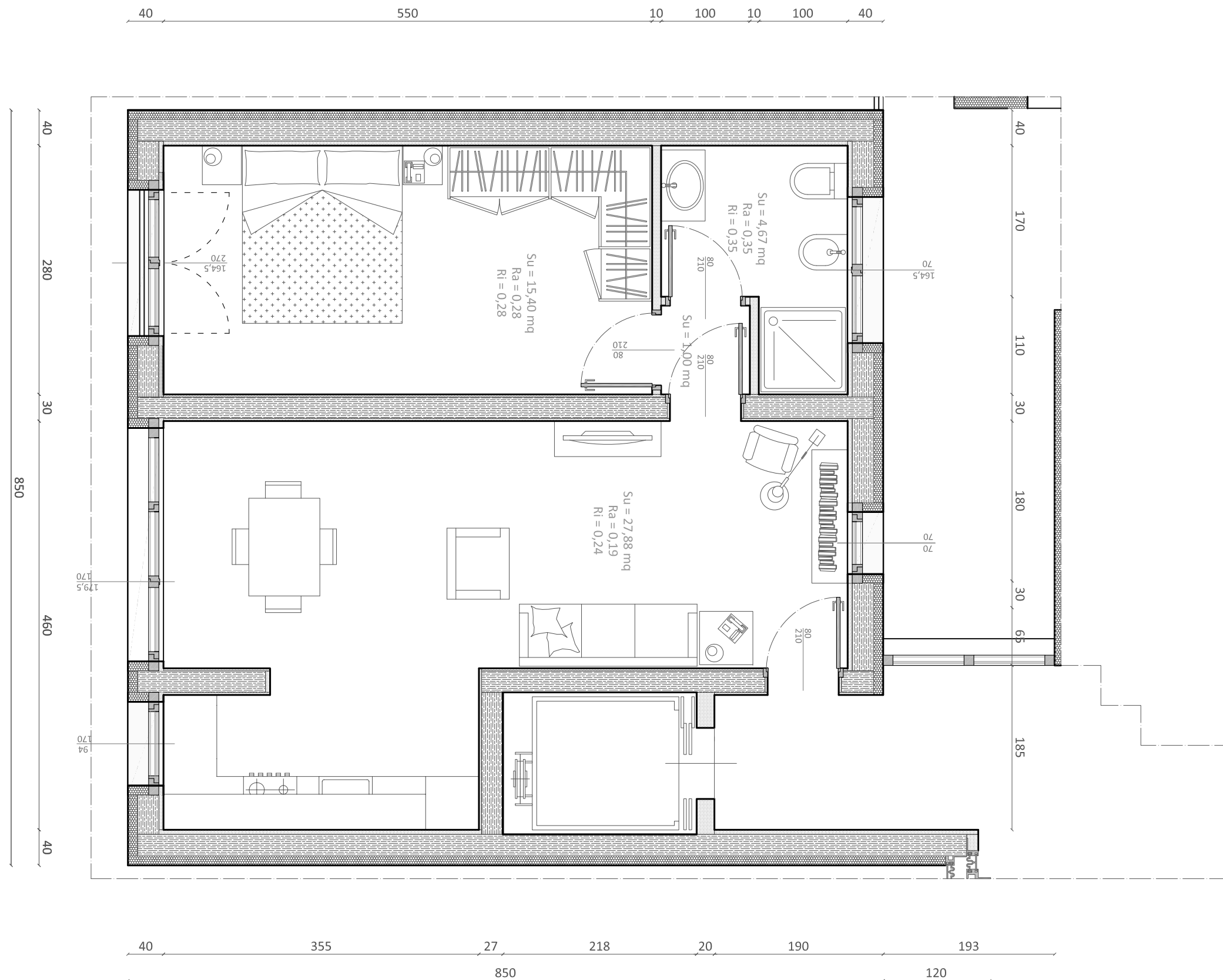


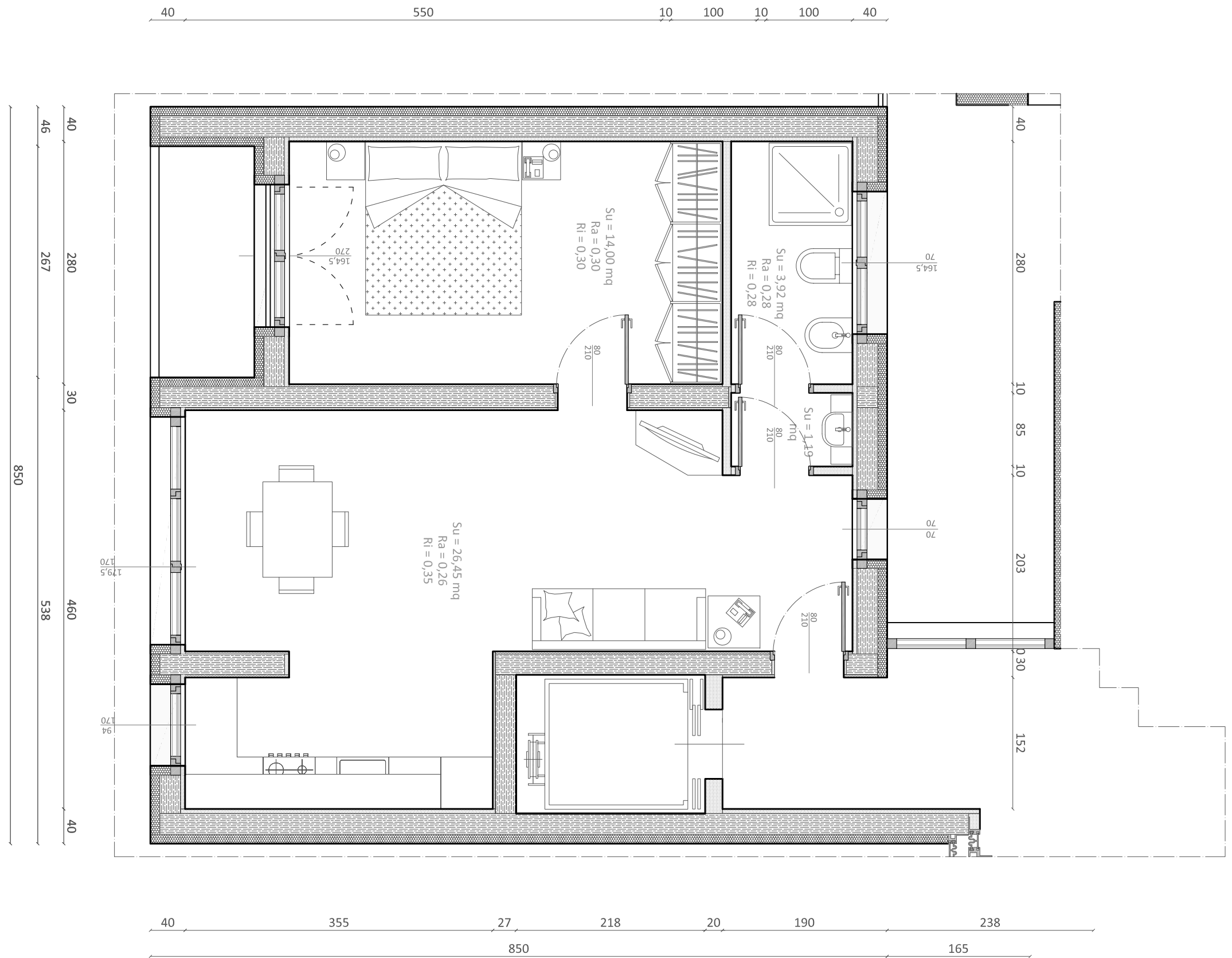
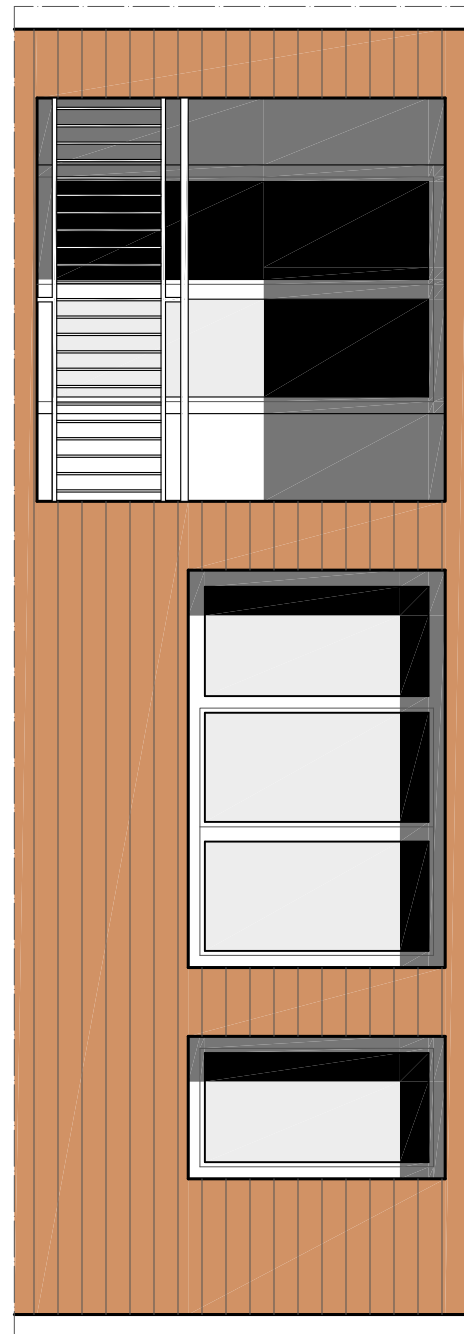


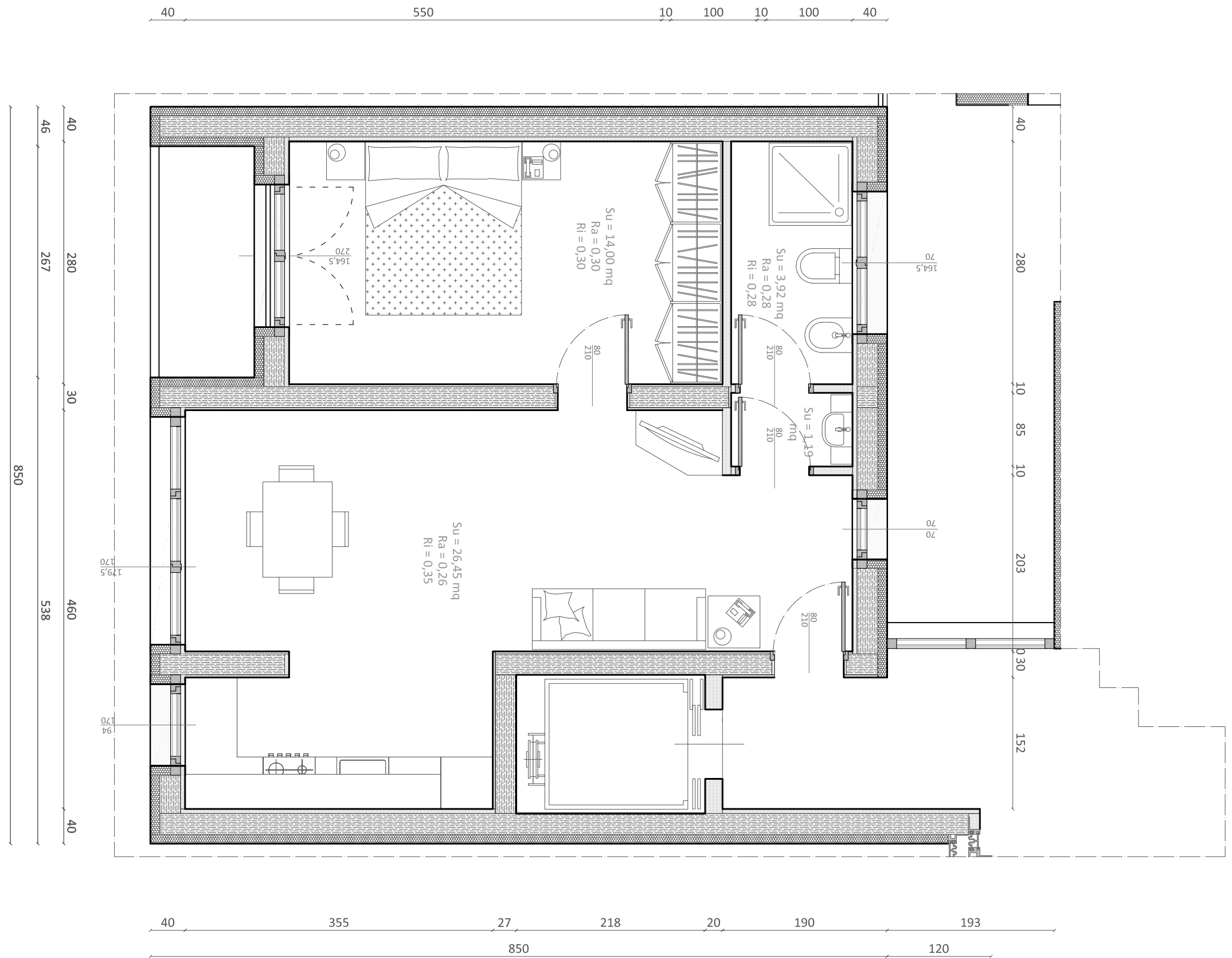
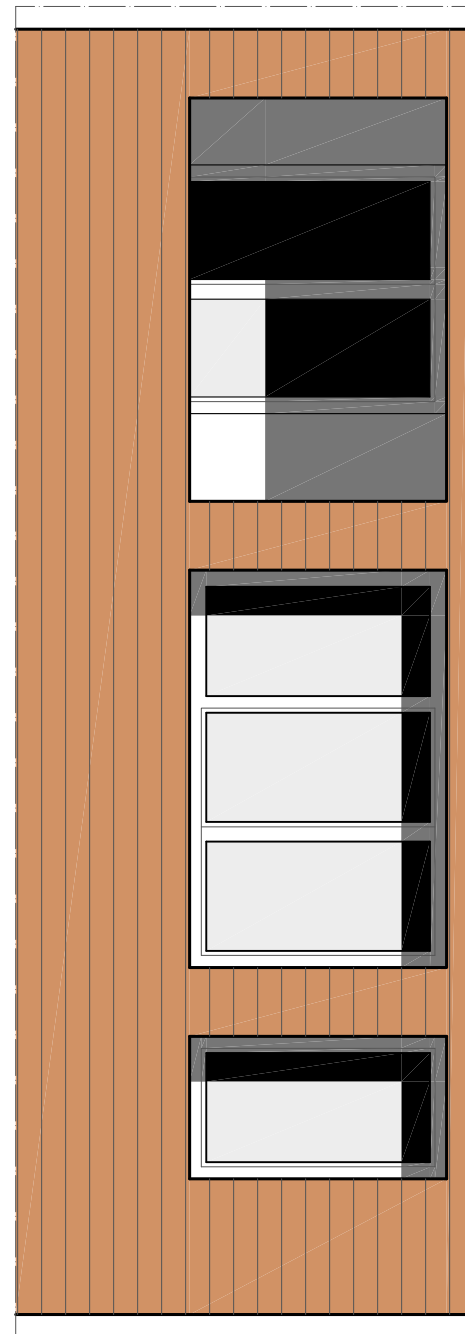


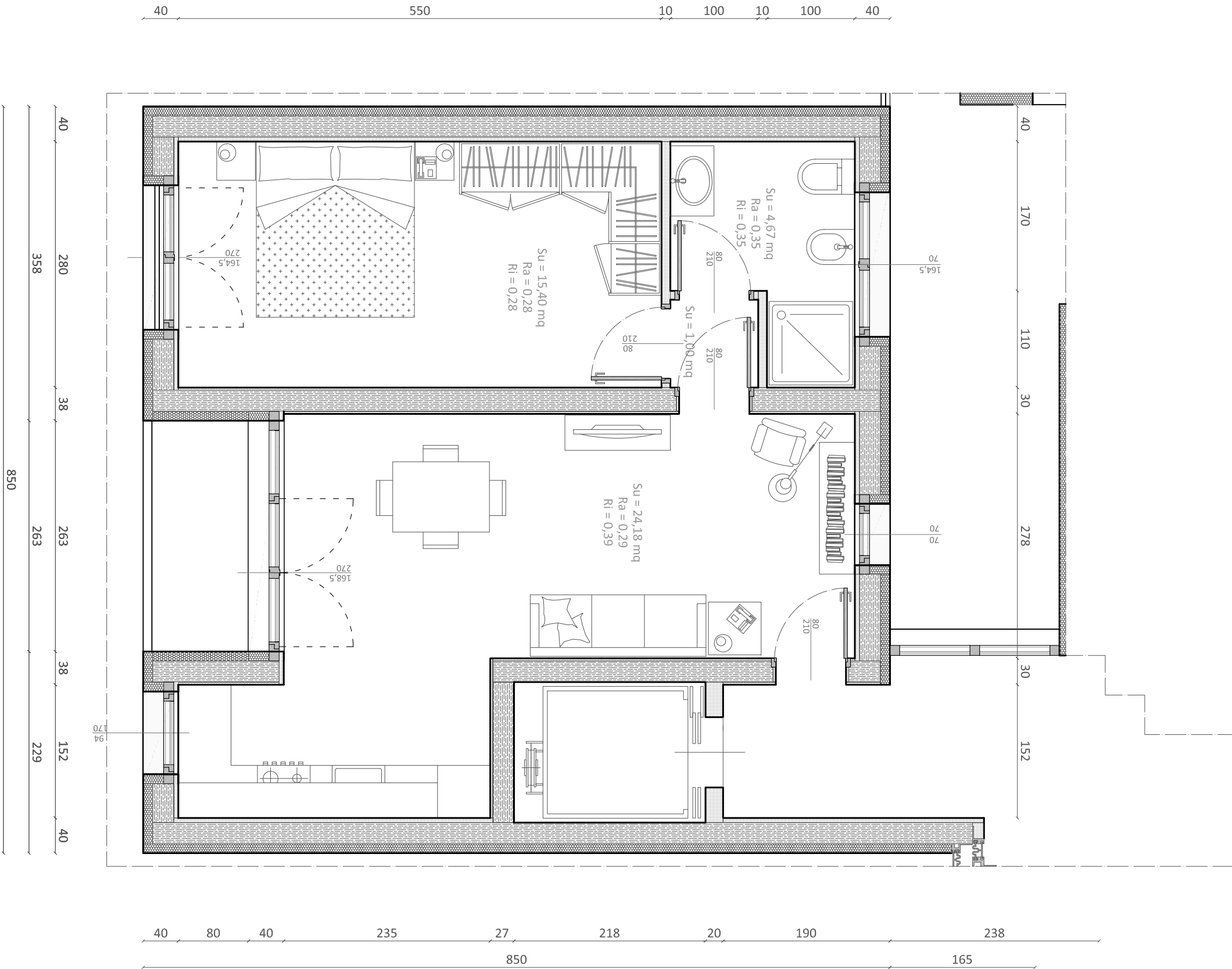
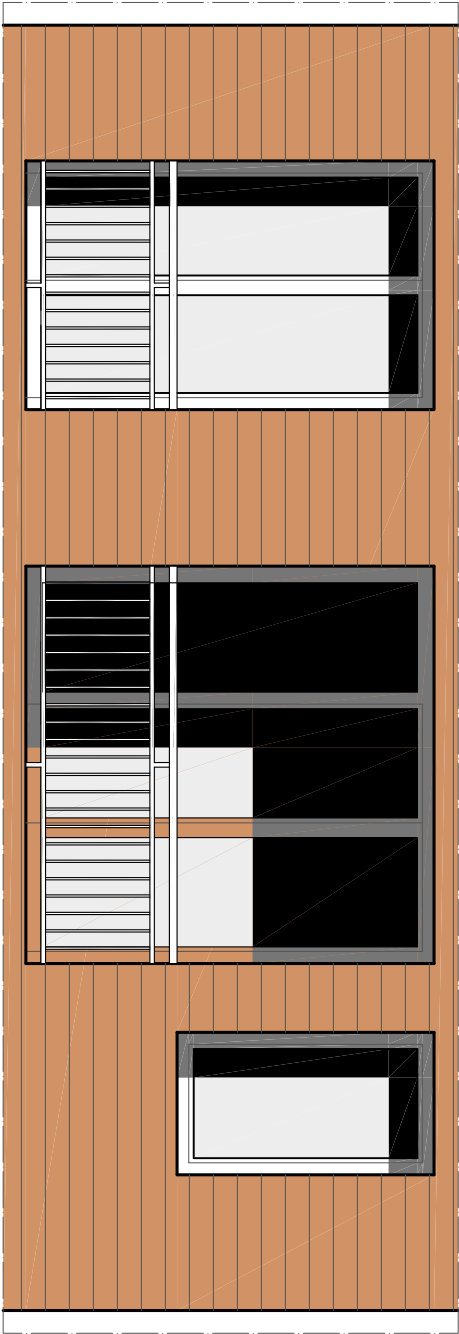




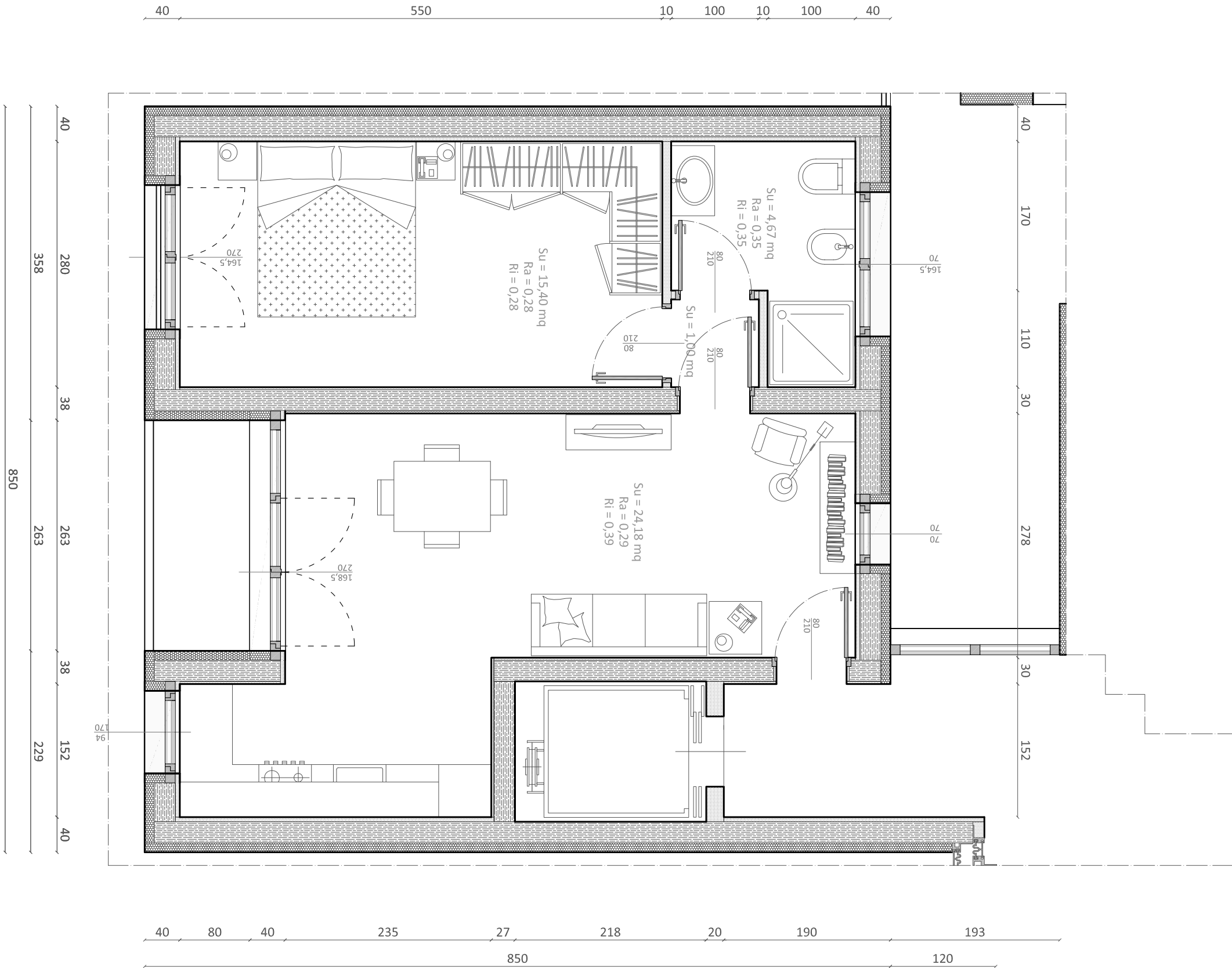
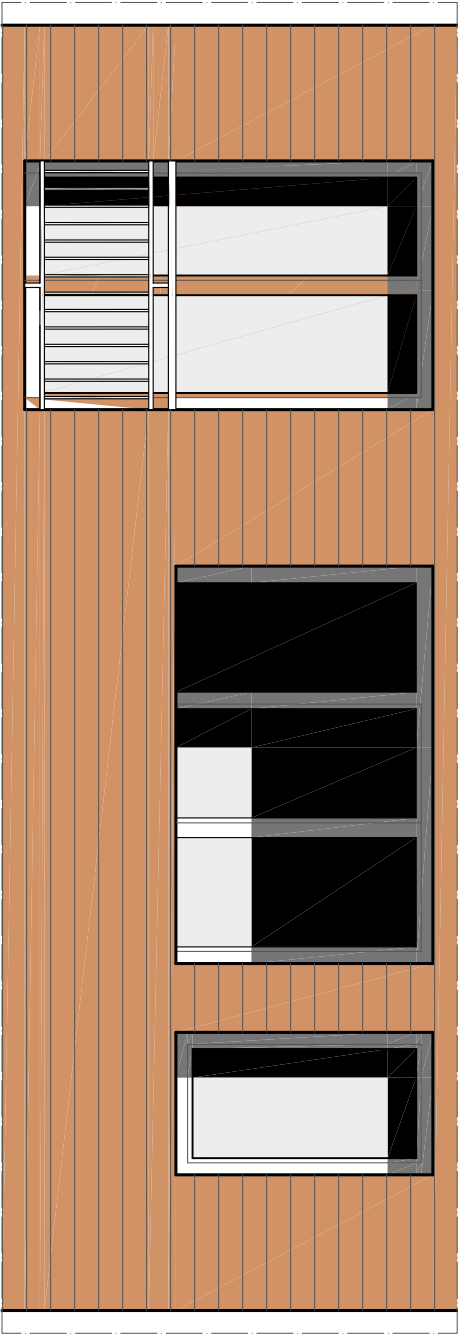


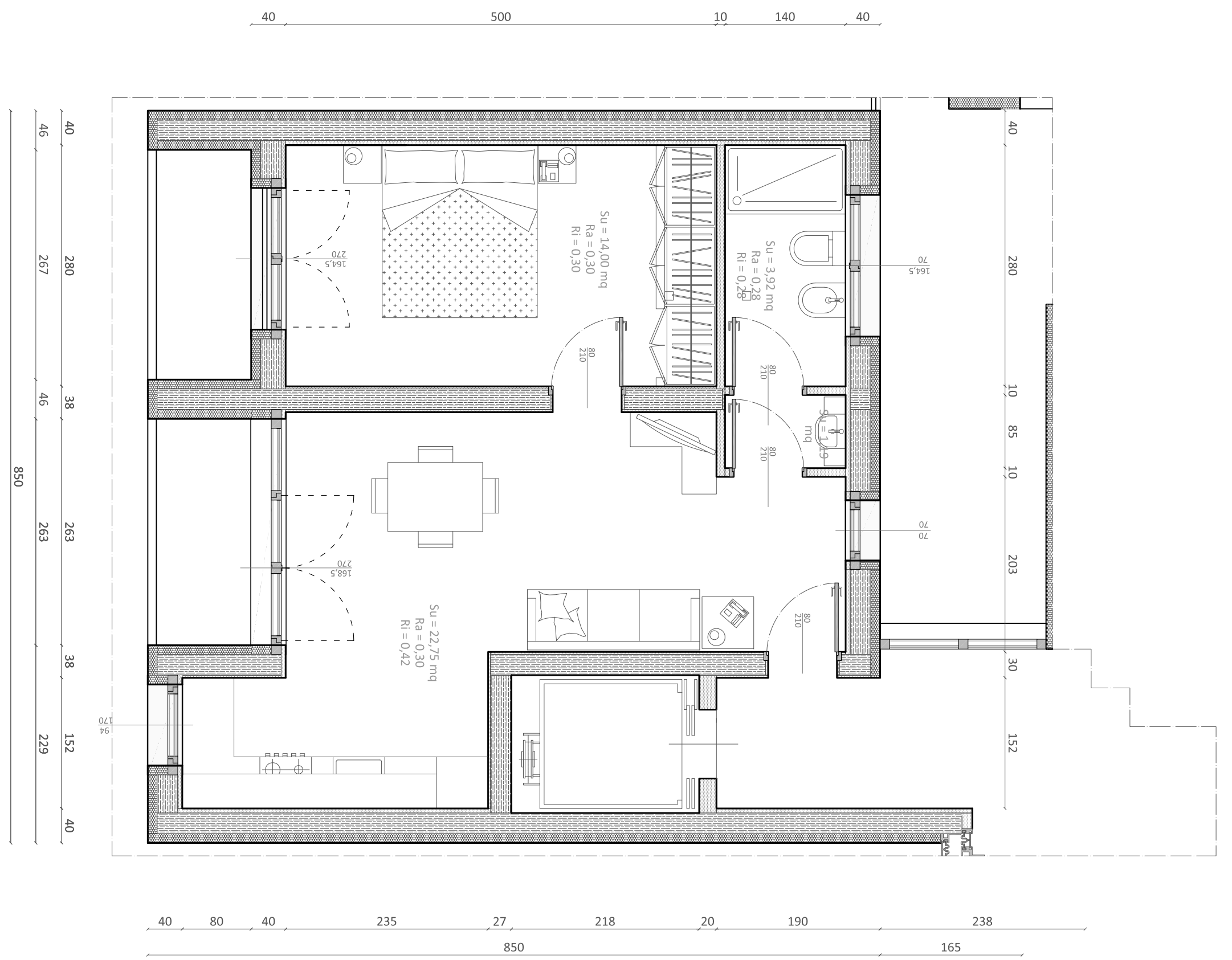
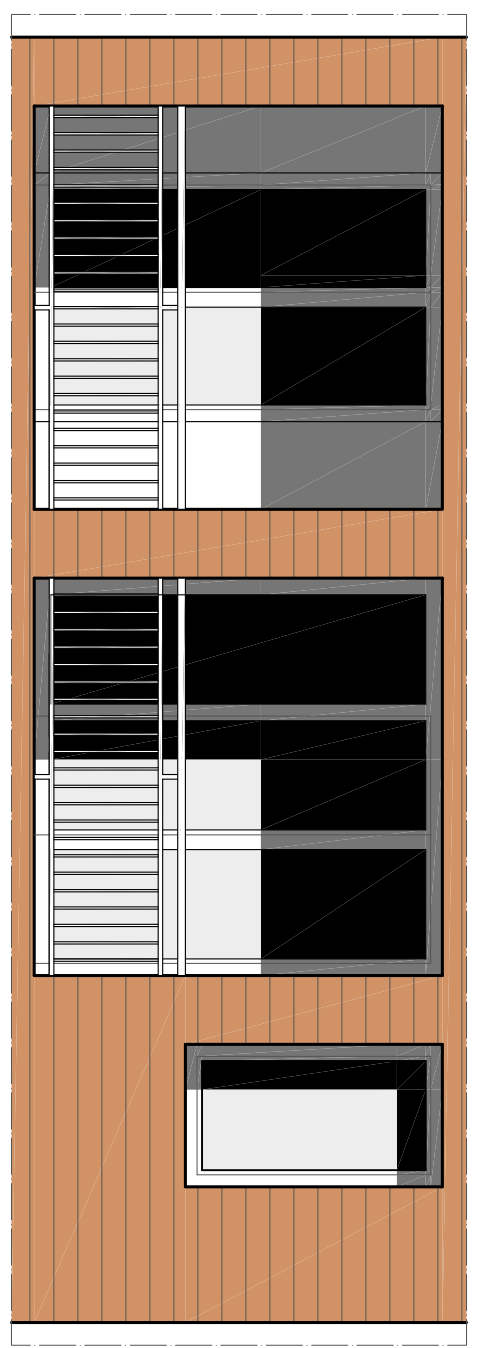


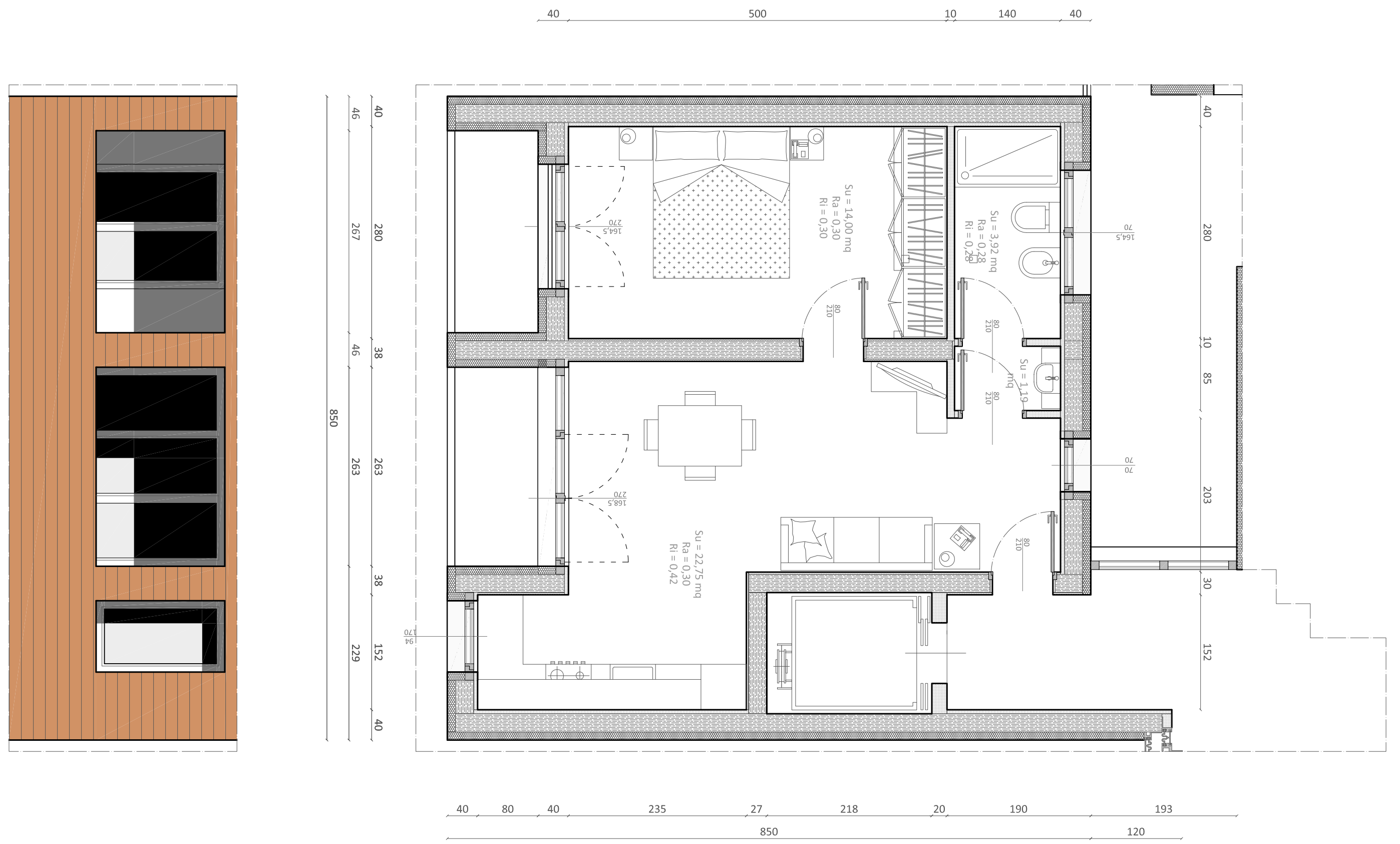


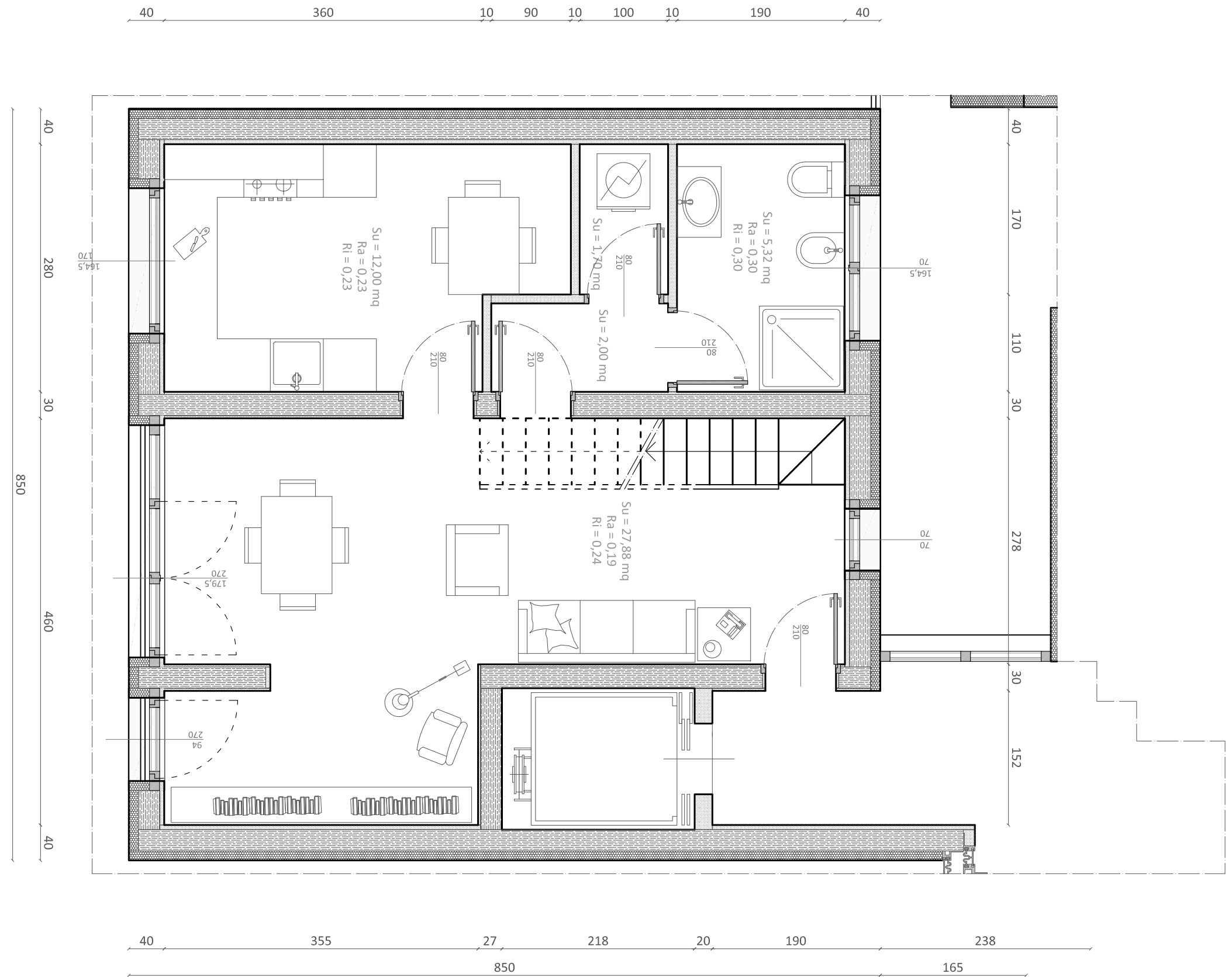
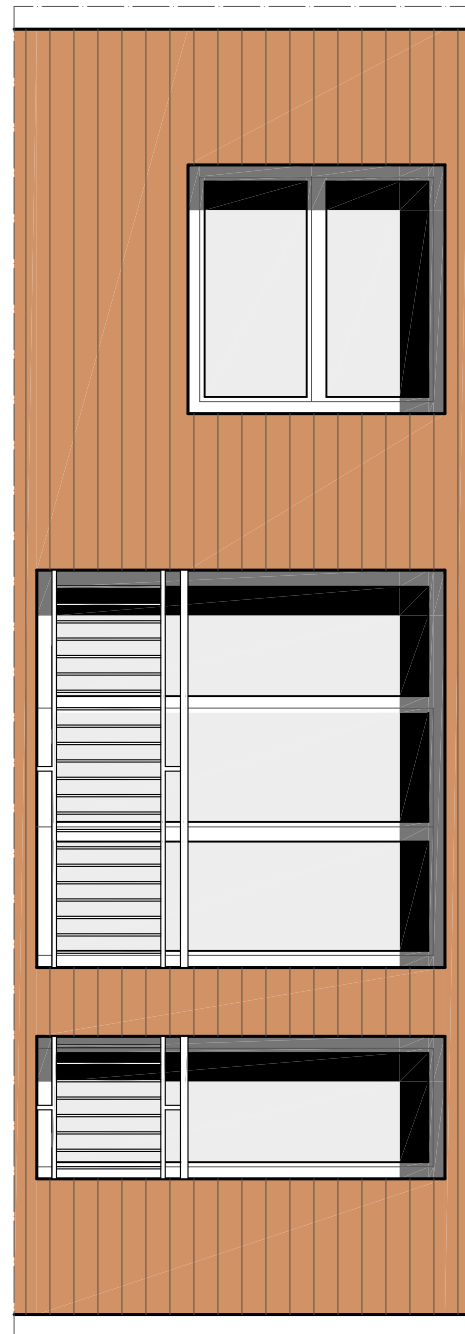


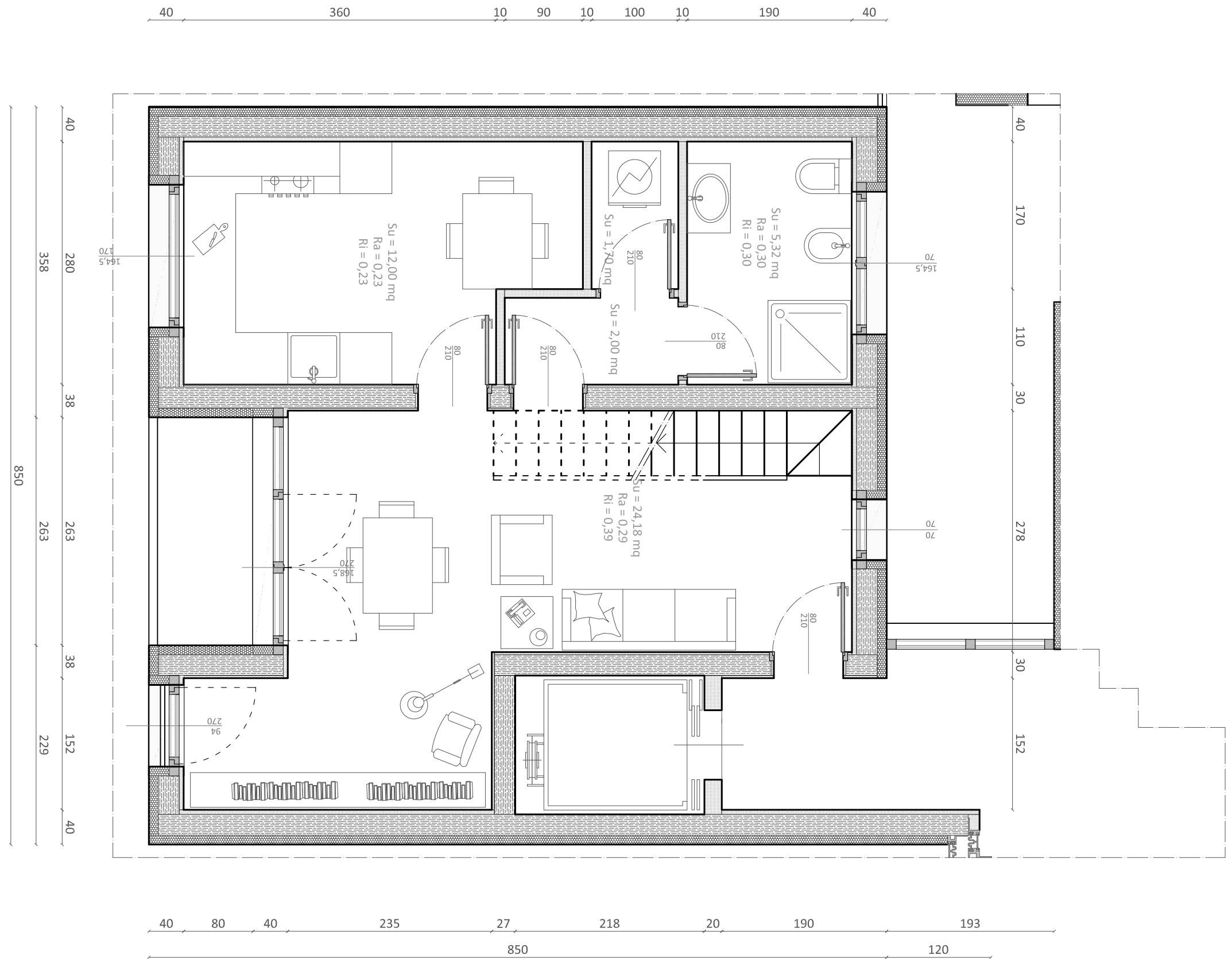
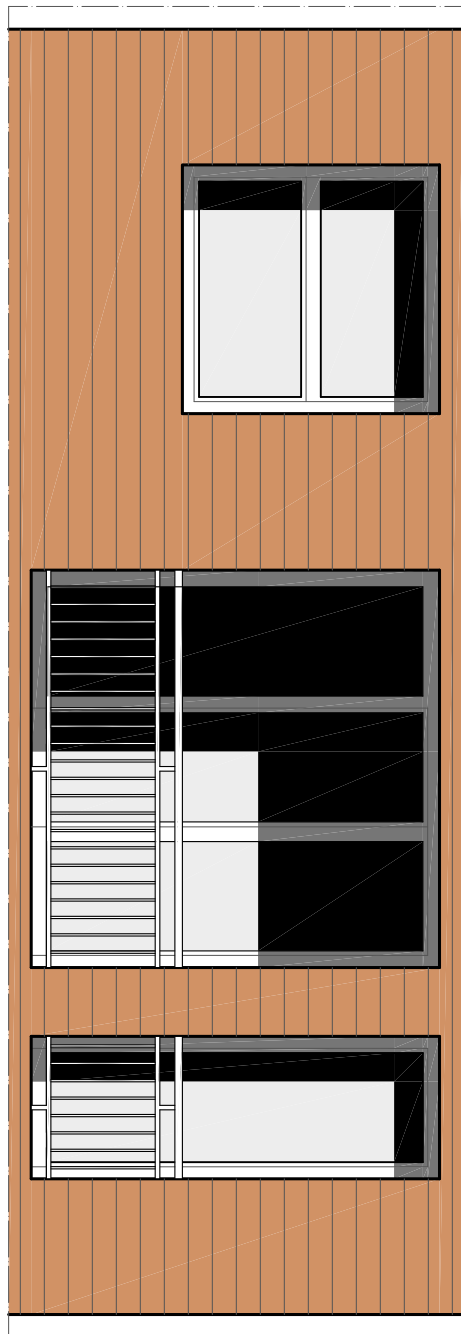


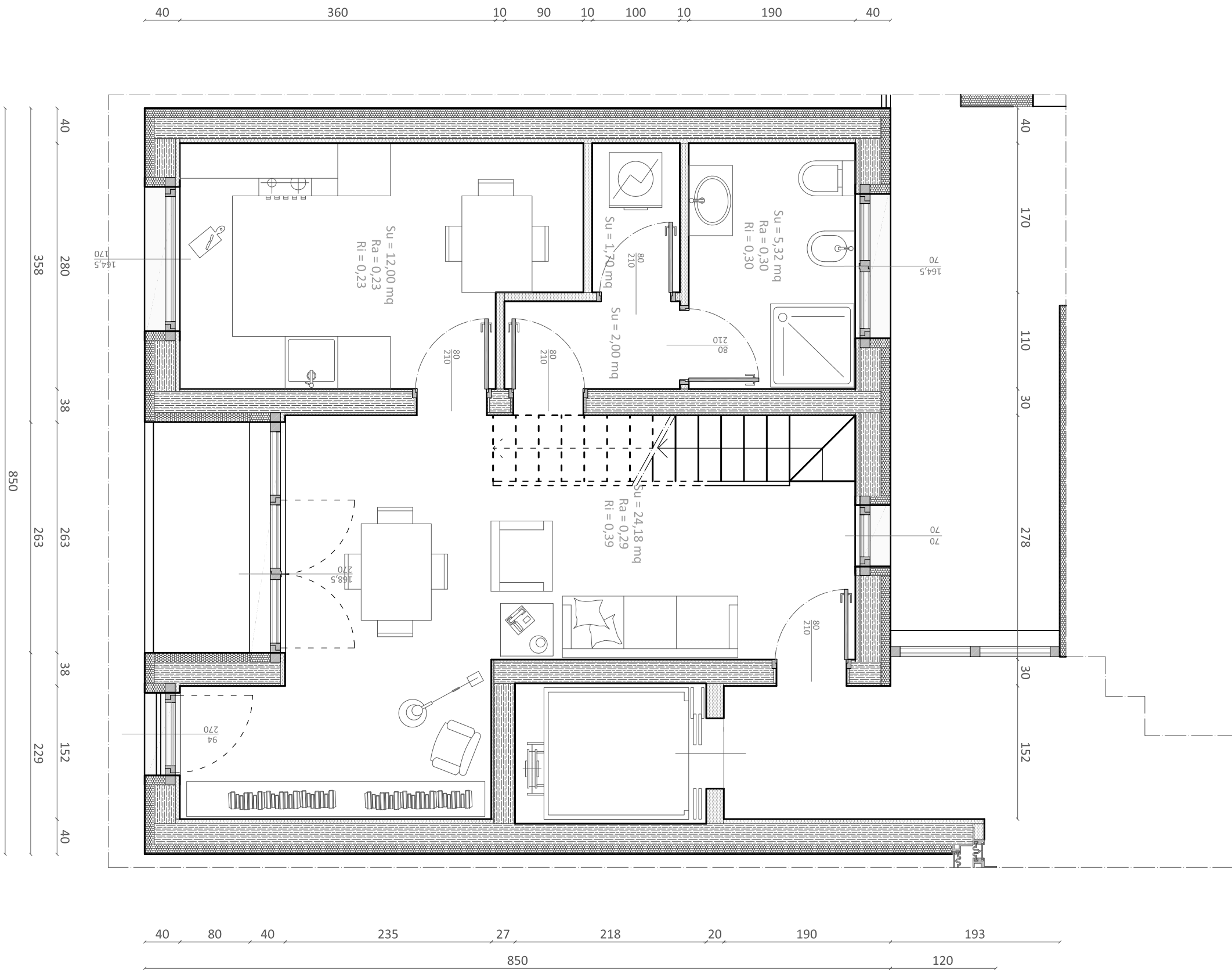
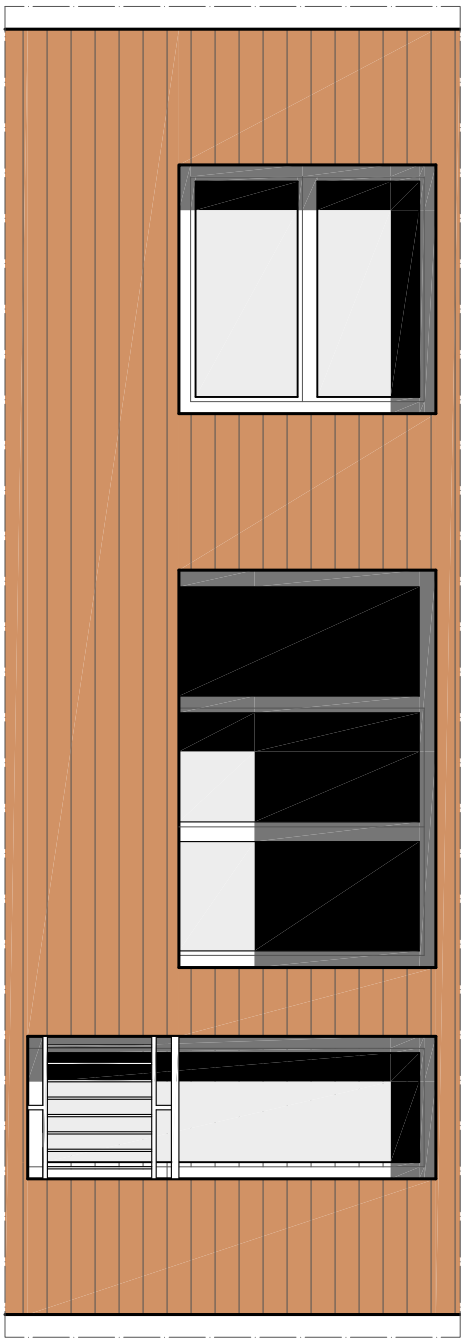




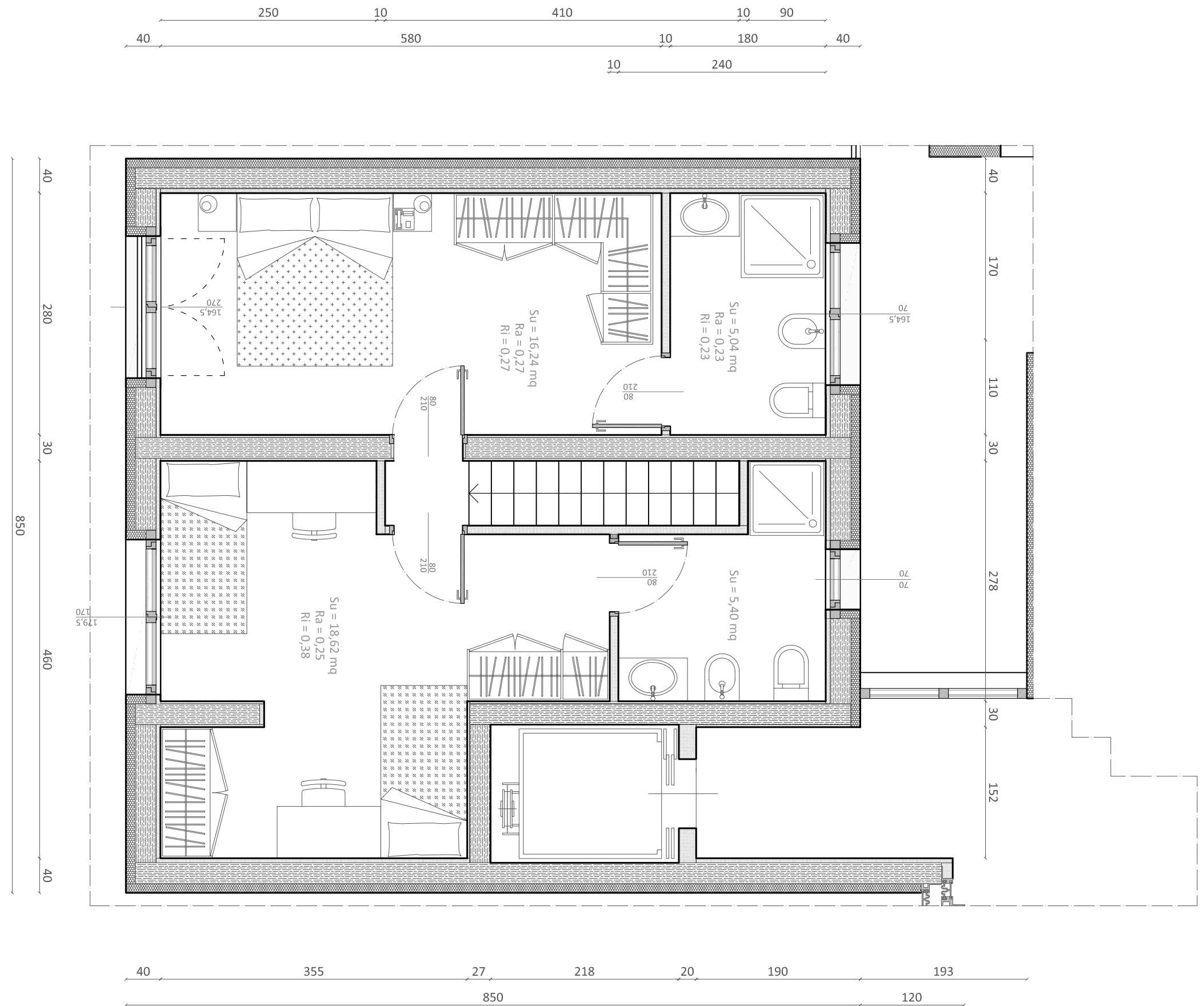
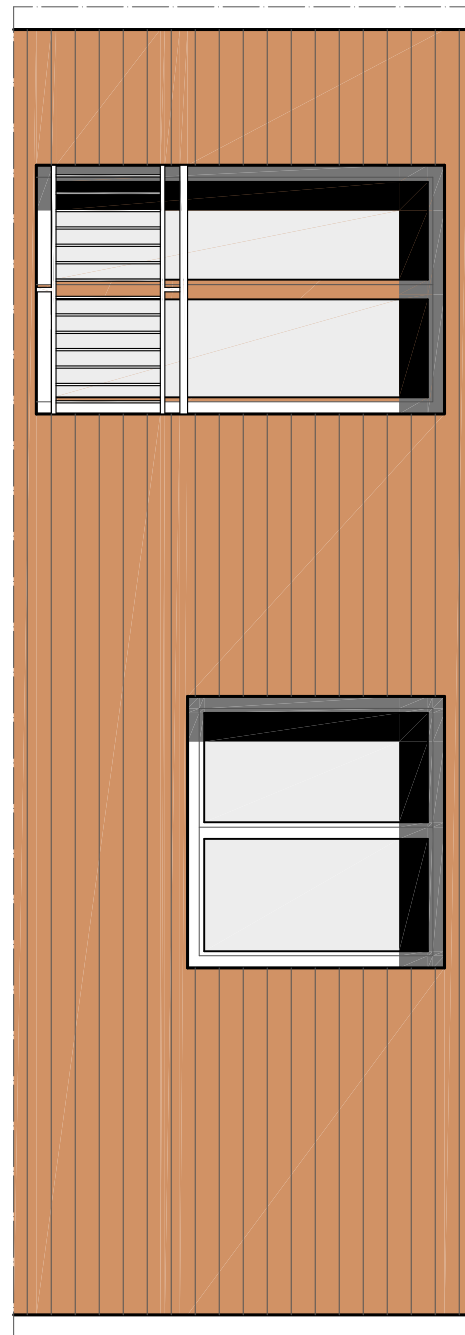




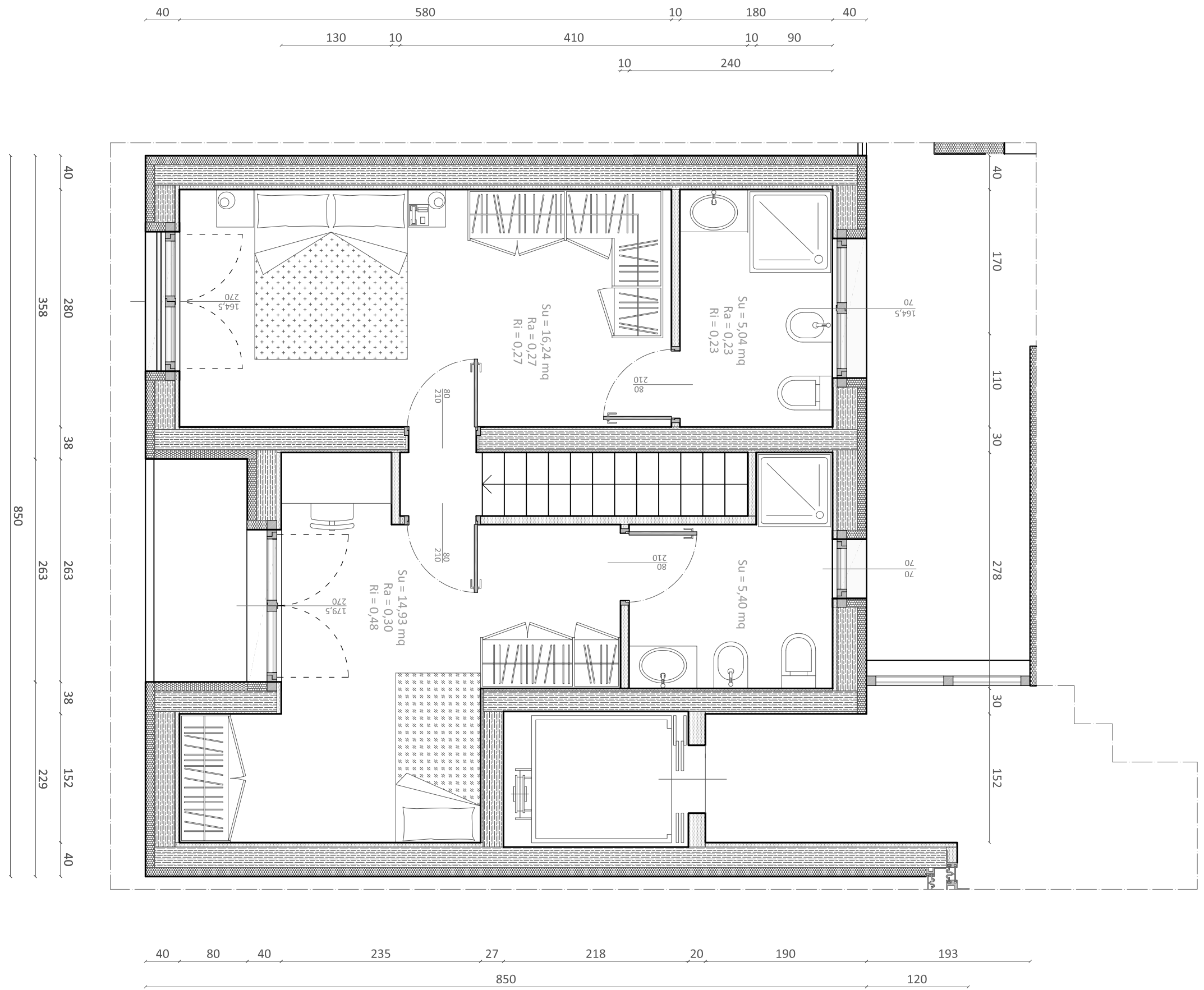
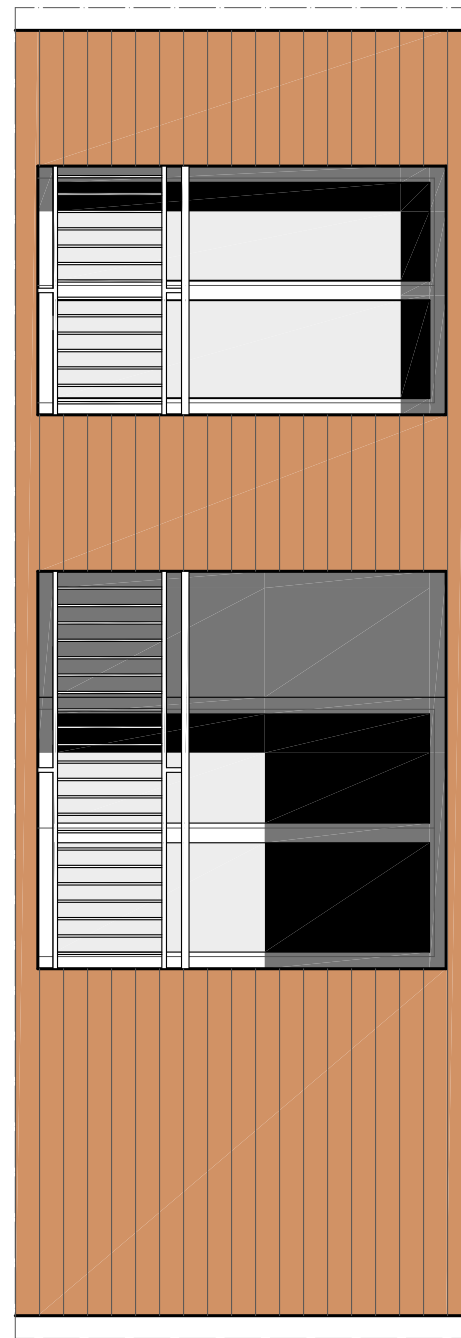


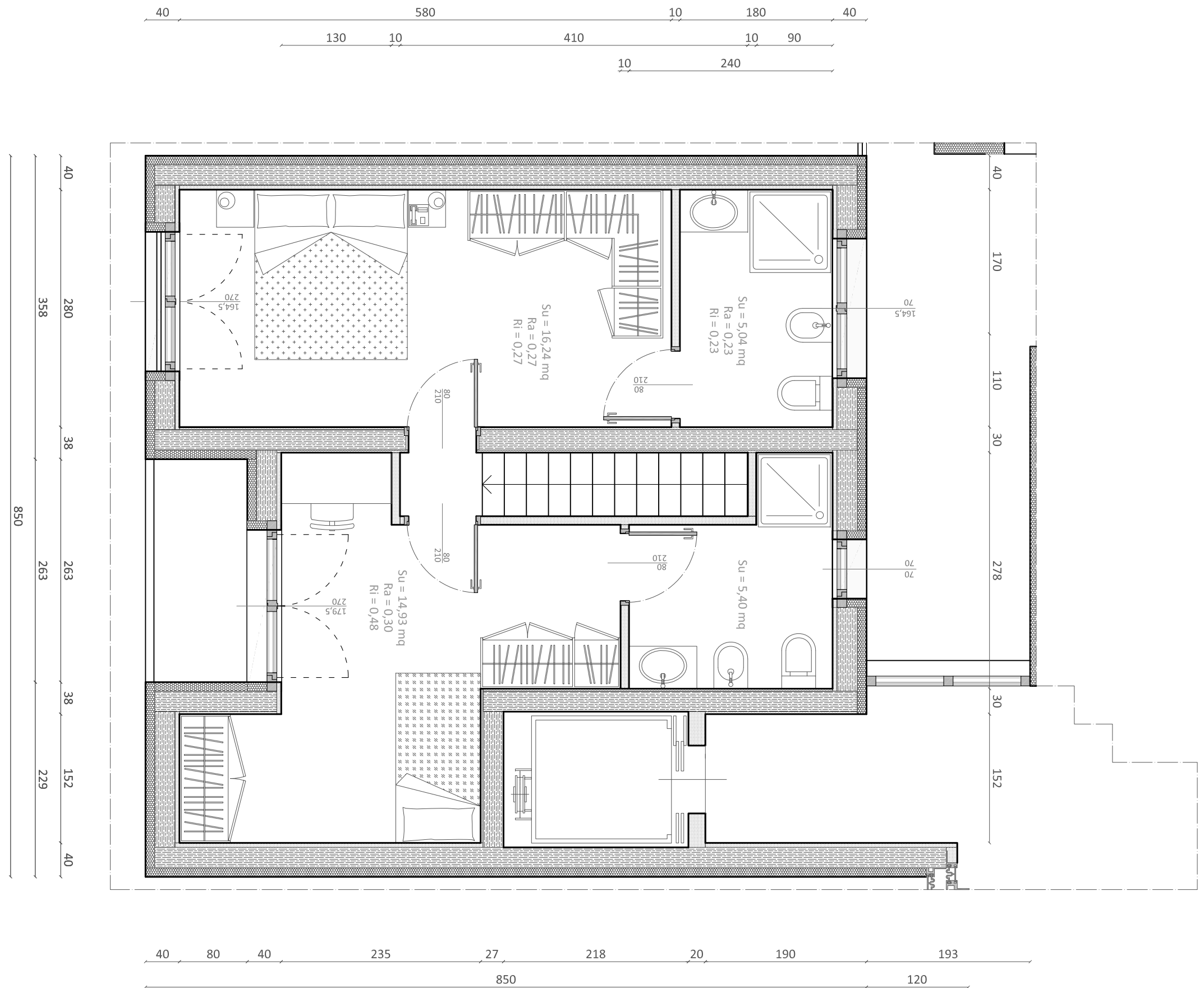
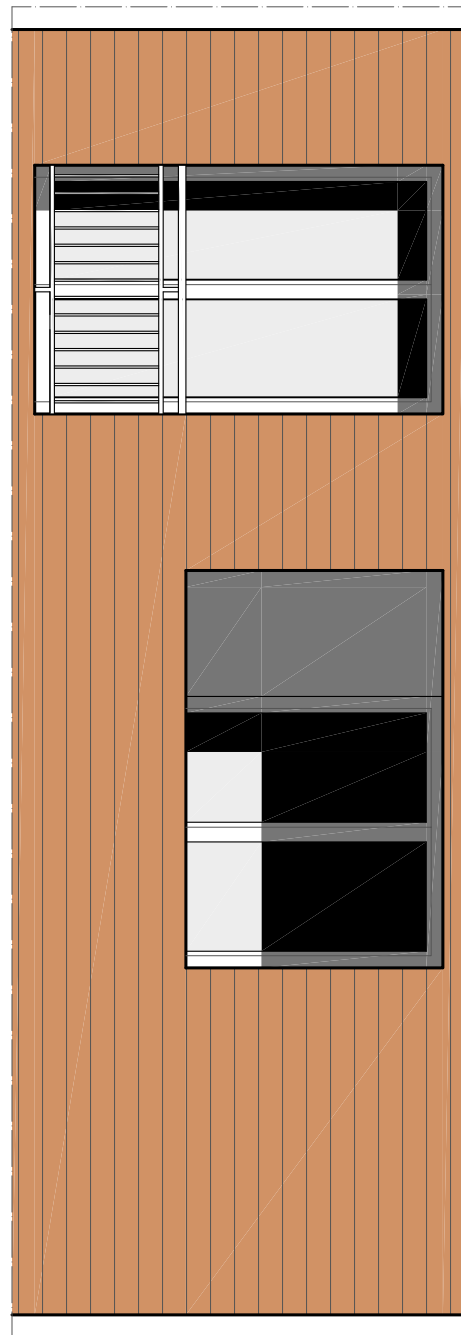


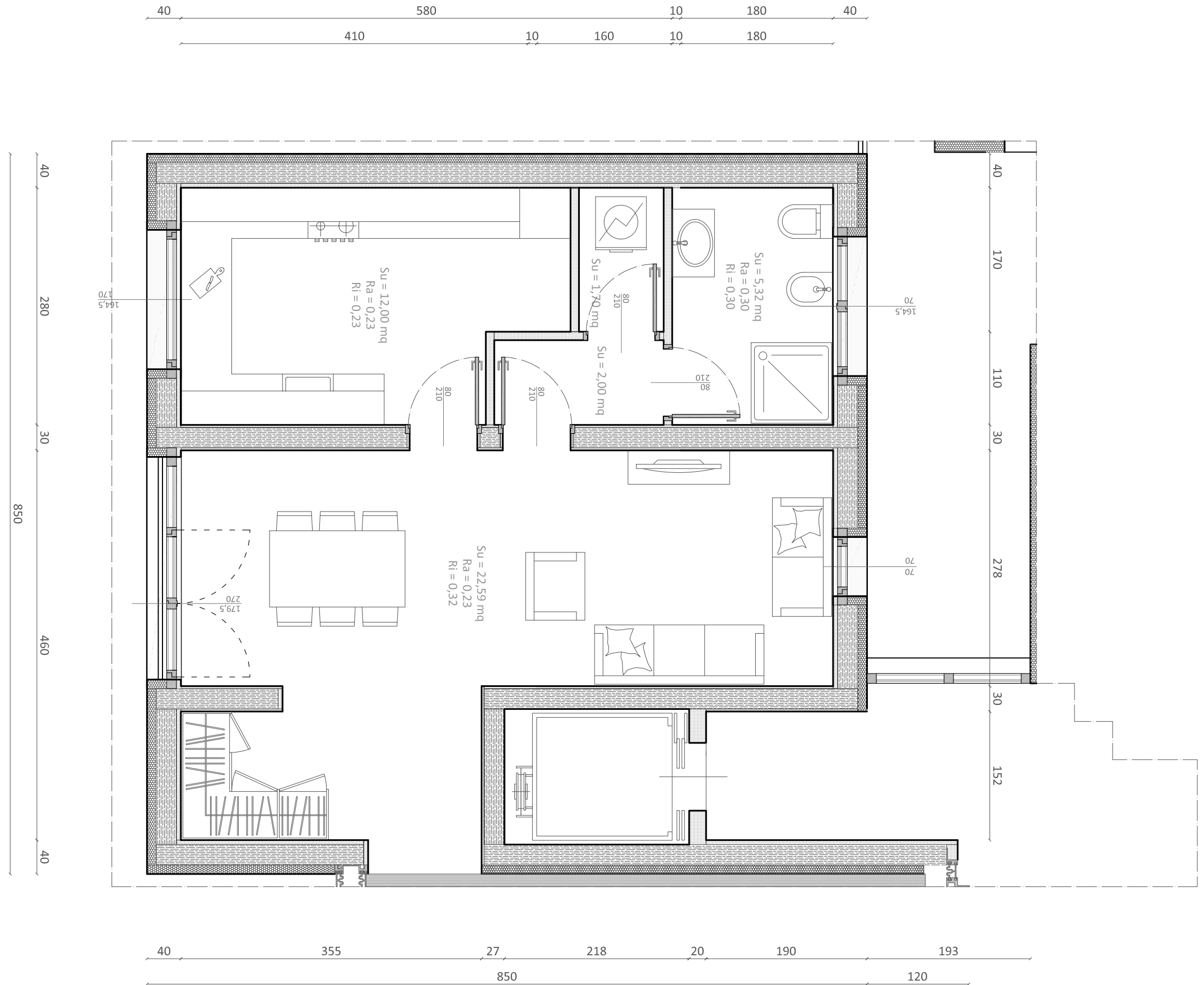
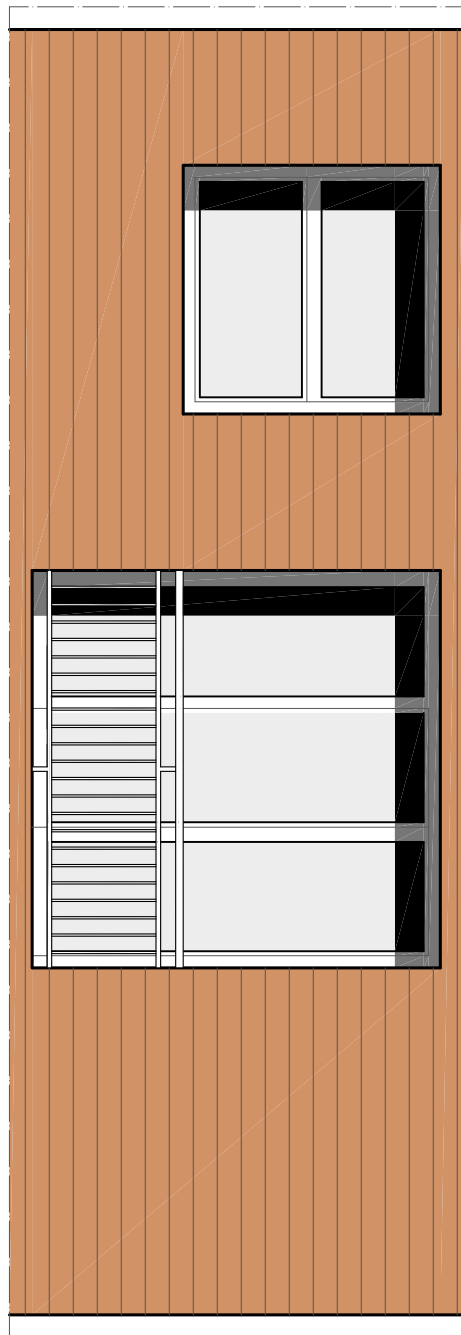




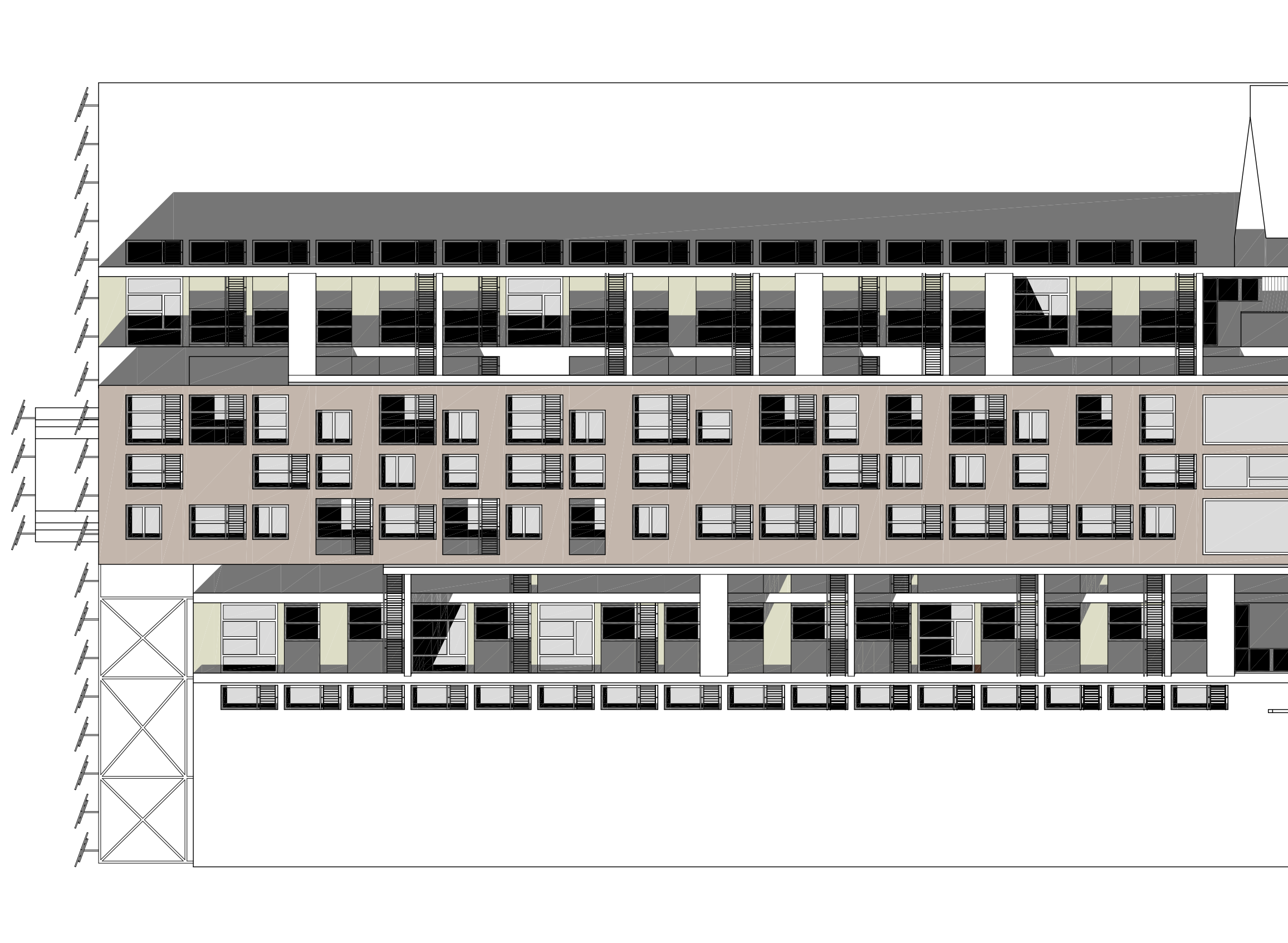














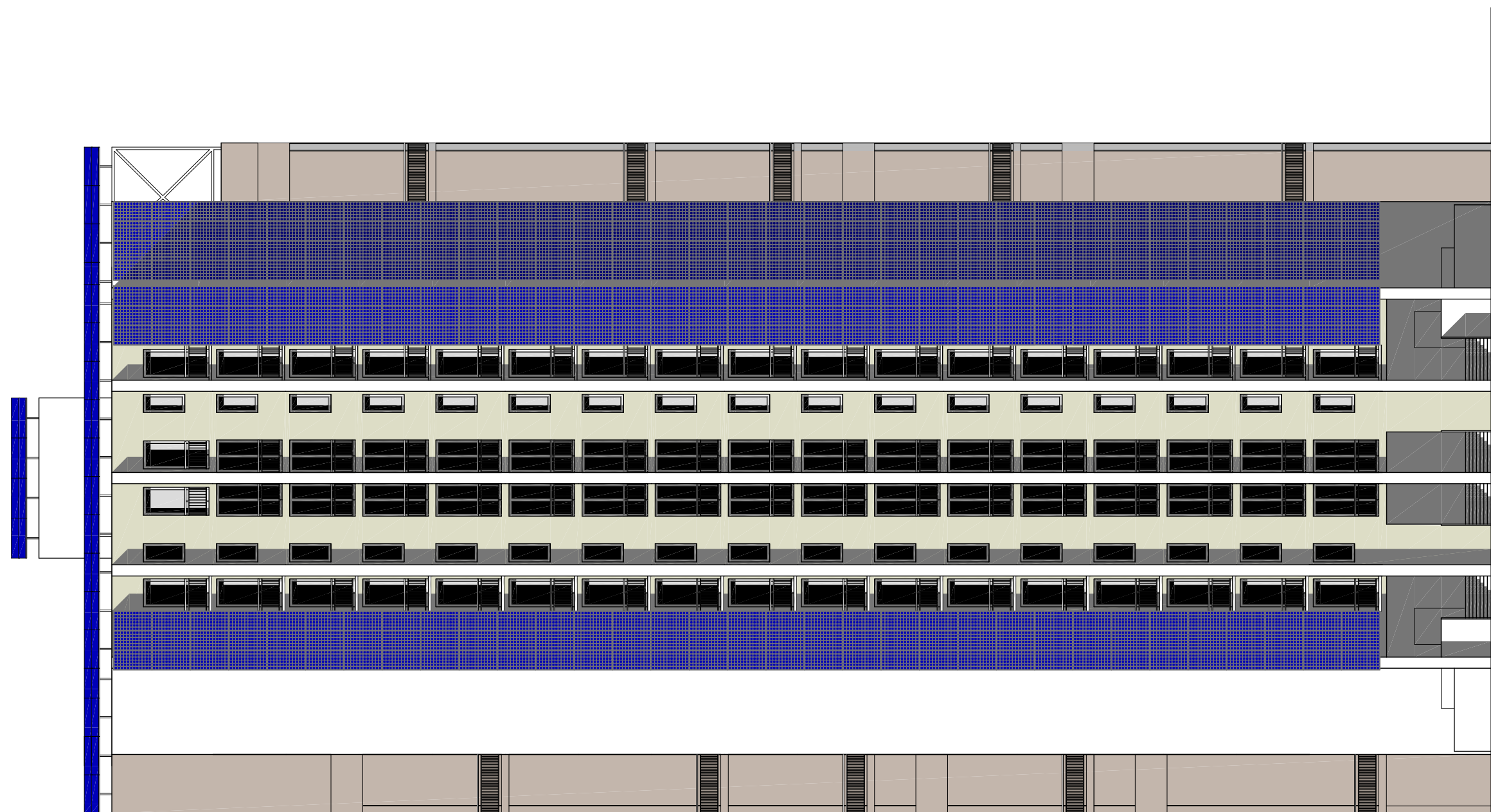


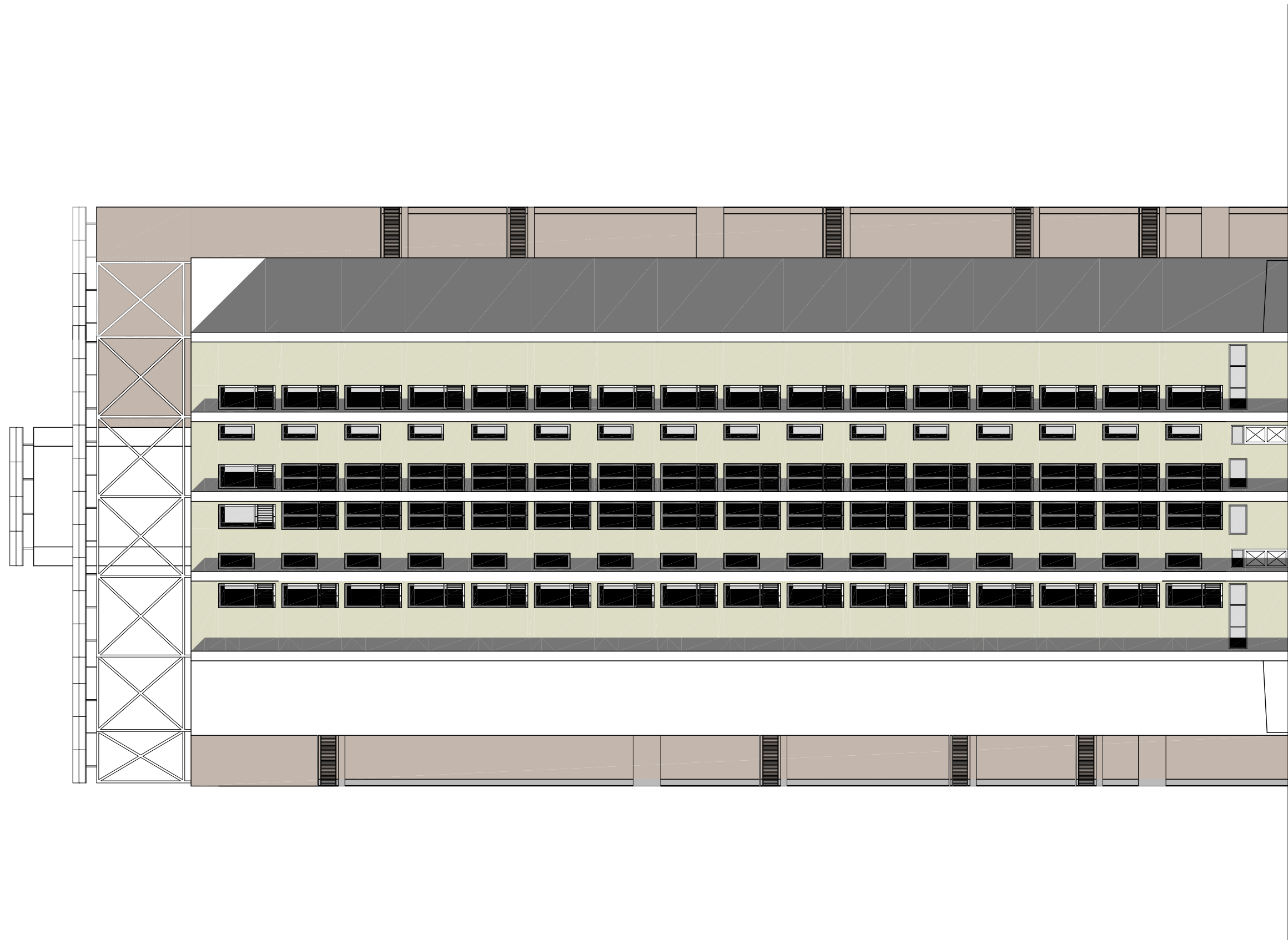


























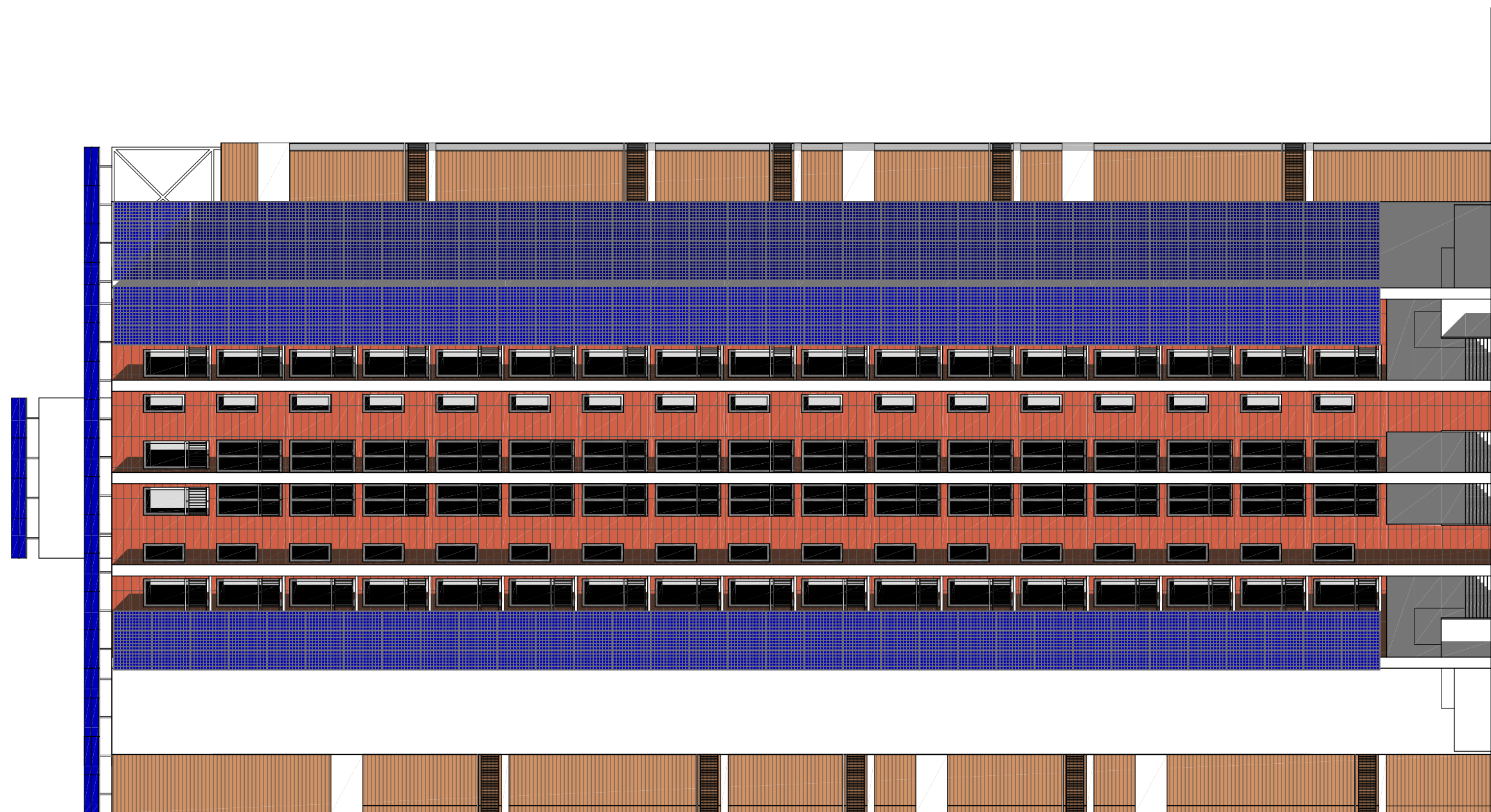


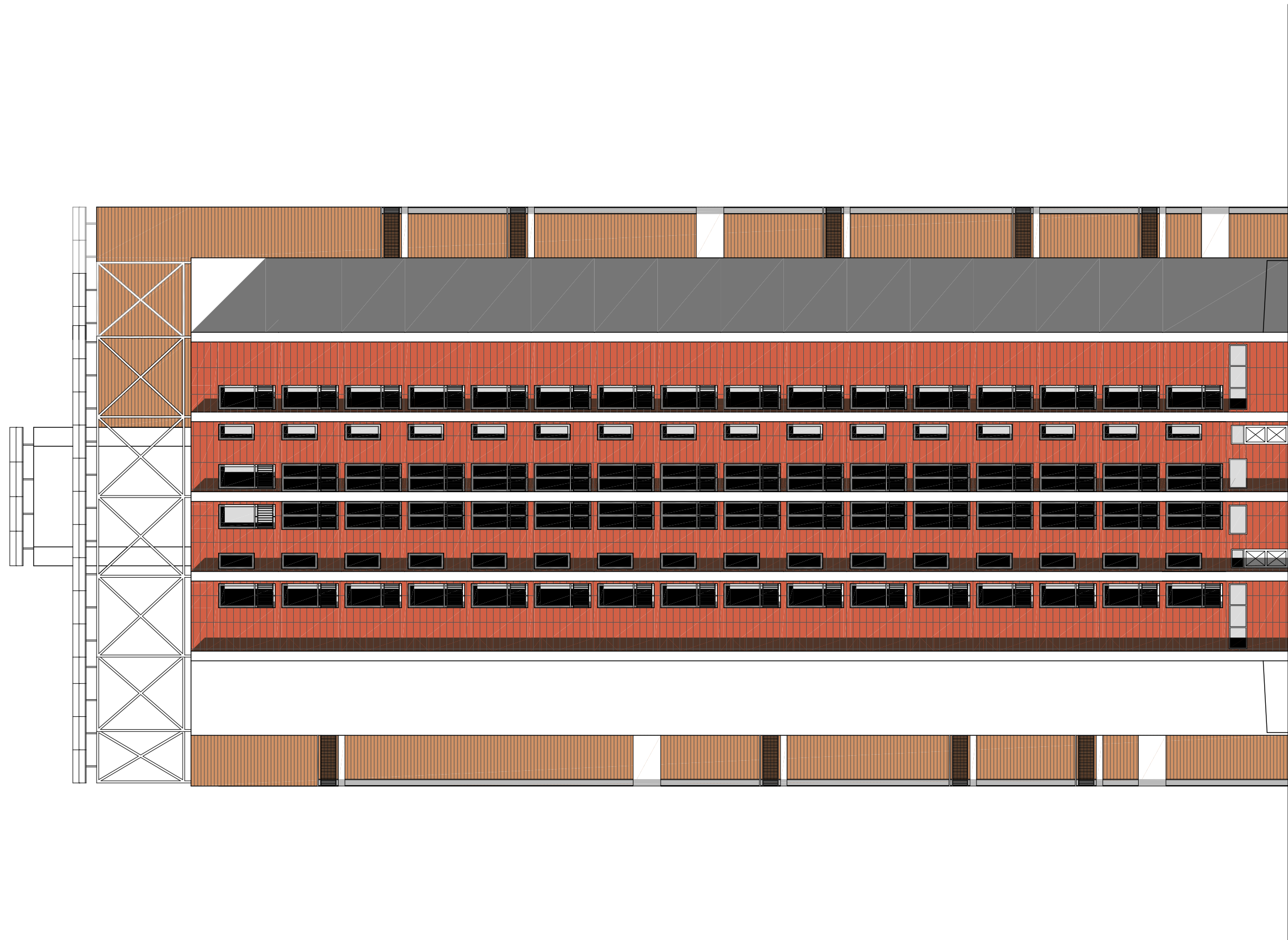


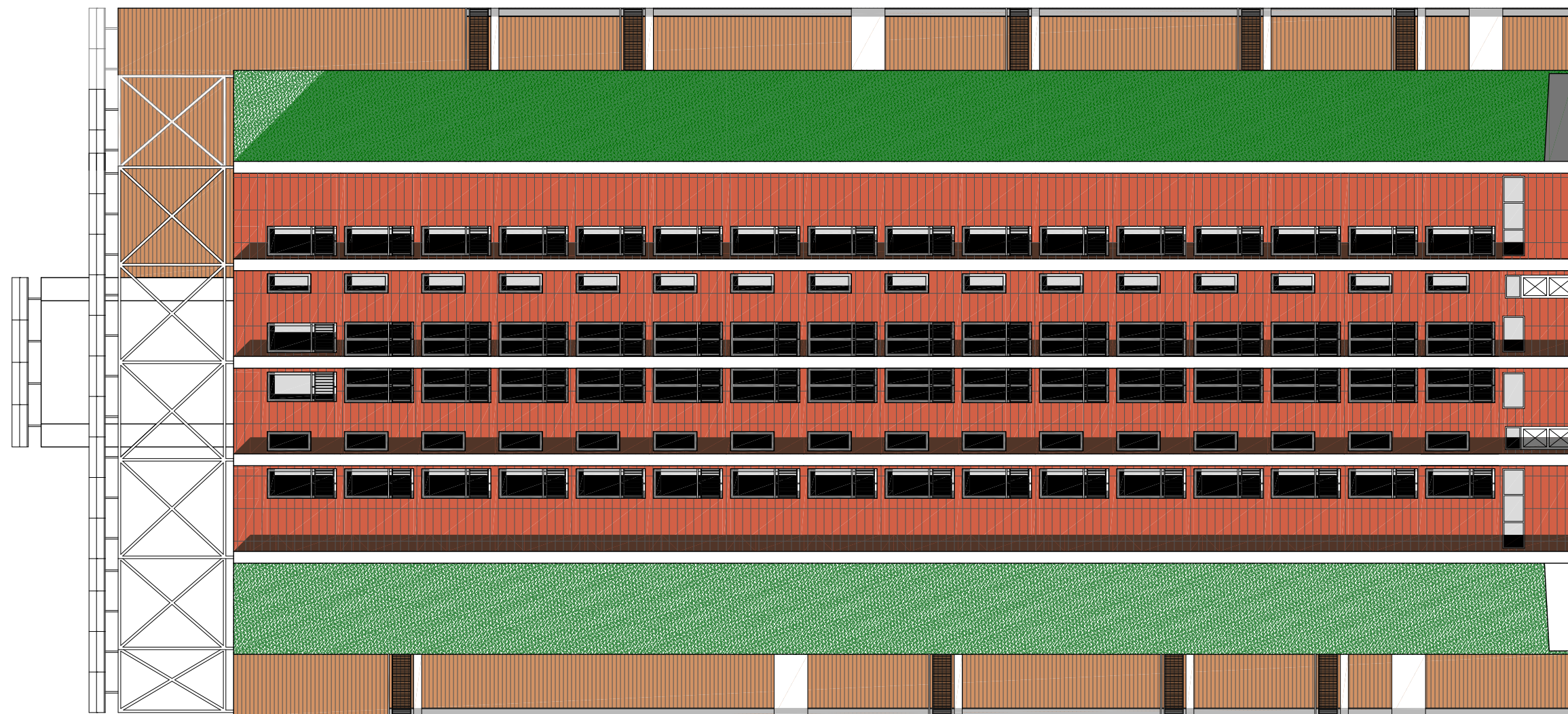








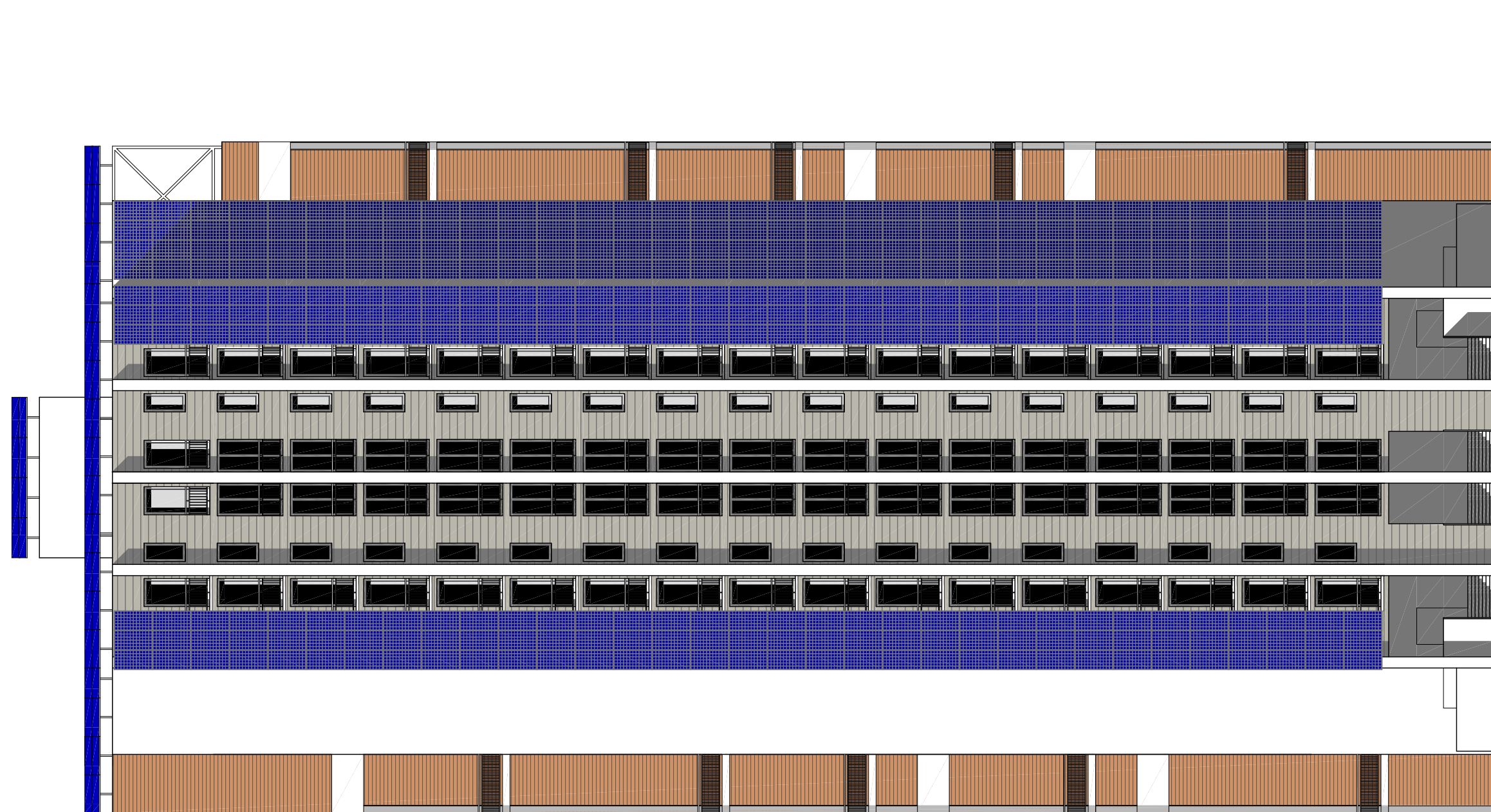




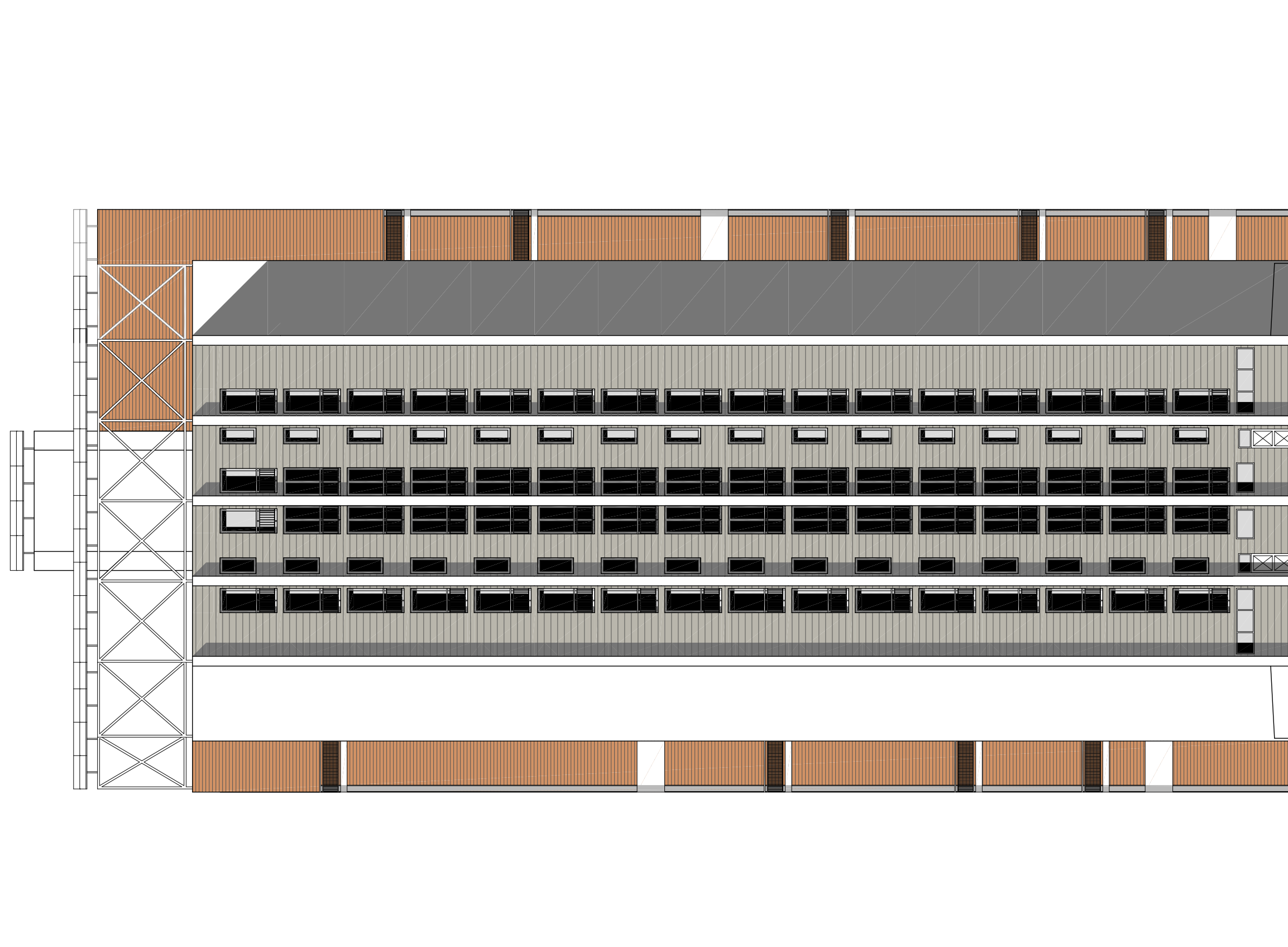








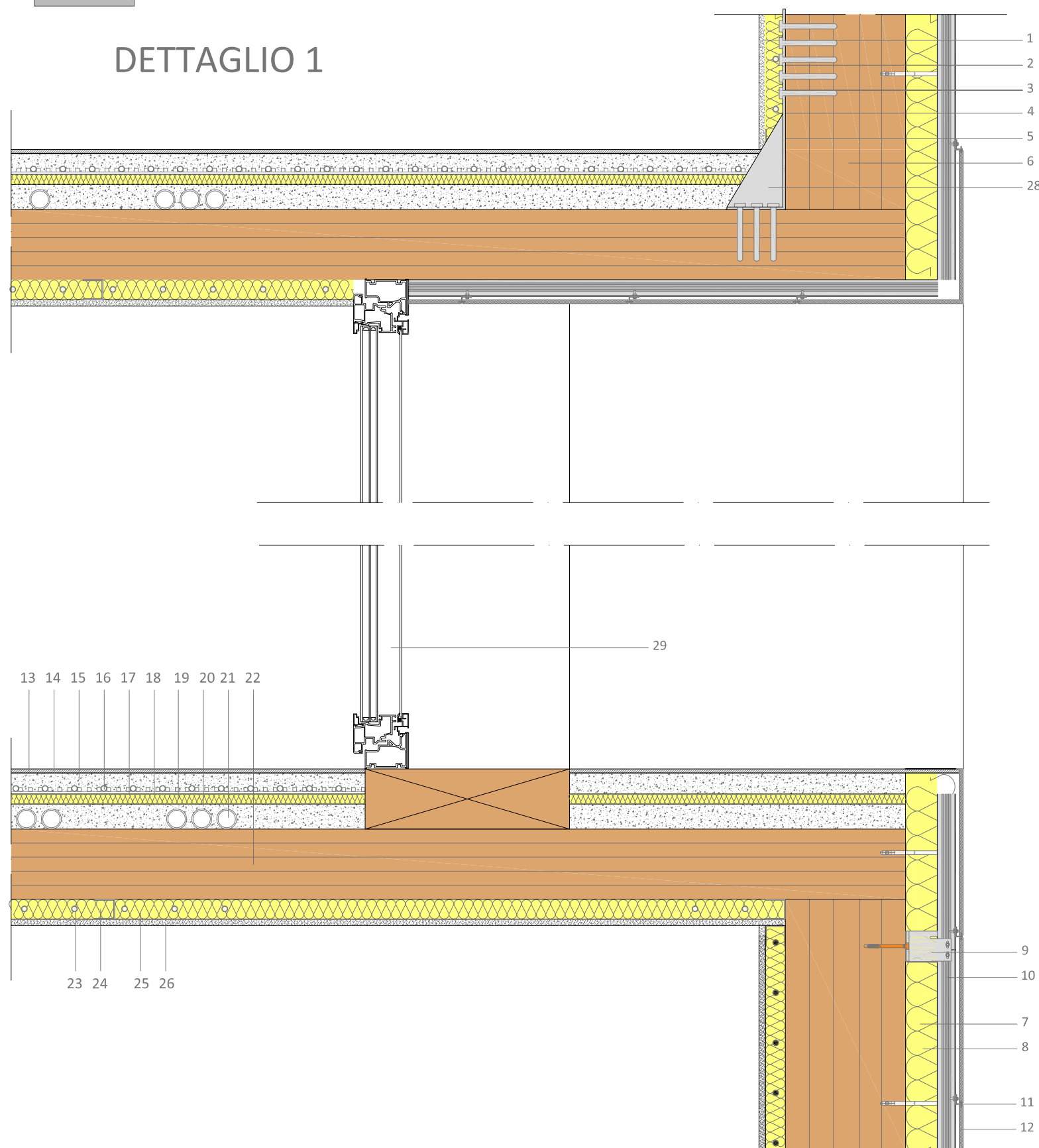






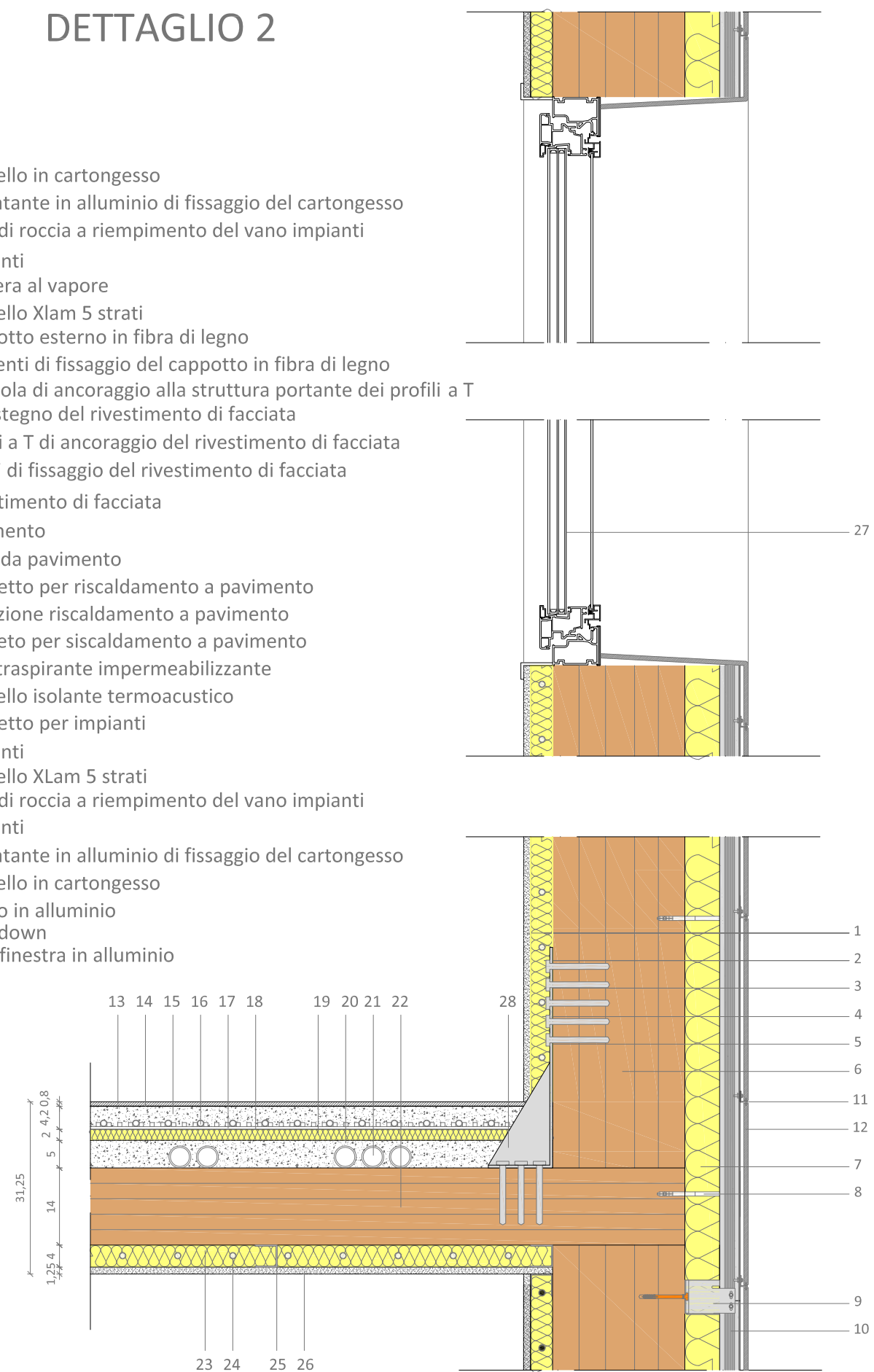


DETTAGLIO 1



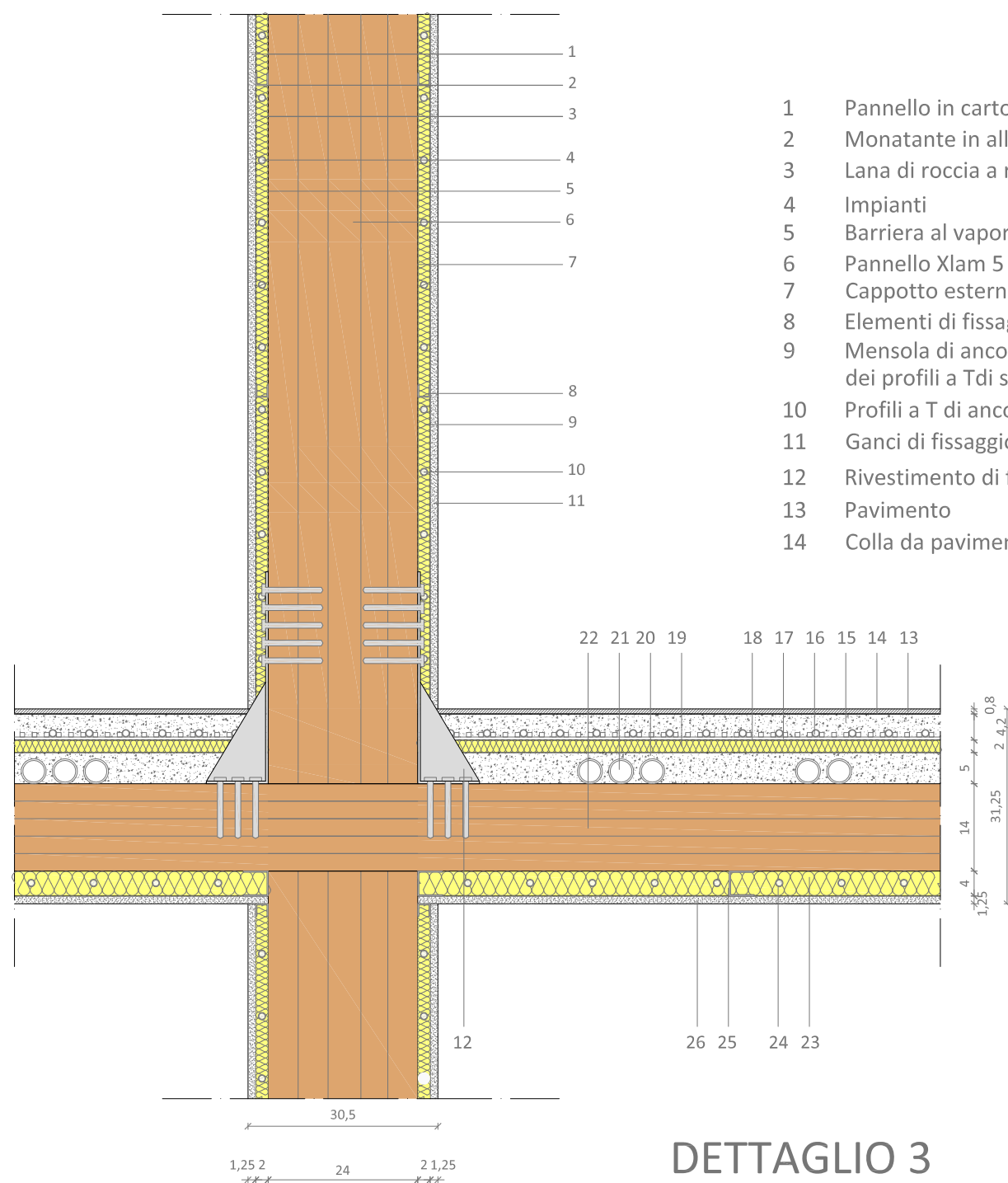
DETTAGLIO 2

- 1 Pannello in cartongesso
- 2 Monatante in alluminio di fissaggio del cartongesso
- 3 Lana di roccia a riempimento del vano impianti
- 4 Impianti
- 5 Barriera al vapore
- 6 Pannello XLam 5 strati
- 7 Cappotto esterno in fibra di legno
- 8 Elementi di fissaggio del cappotto in fibra di legno
- 9 Mensola di ancoraggio alla struttura portante dei profili a T di sostegno del rivestimento di facciata
- 10 Profili a T di ancoraggio del rivestimento di facciata
- 11 Ganci di fissaggio del rivestimento di facciata
- 12 Rivestimento di facciata
- 13 Pavimento
- 14 Colla da pavimento
- 15 Massetto per riscaldamento a pavimento
- 16 Tubazione riscaldamento a pavimento
- 17 Tappeto per riscaldamento a pavimento
- 18 Telo traspirante impermeabilizzante
- 19 Pannello isolante termoacustico
- 20 Massetto per impianti
- 21 Impianti
- 22 Pannello XLam 5 strati
- 23 Lana di roccia a riempimento del vano impianti
- 24 Impianti
- 25 Monatante in alluminio di fissaggio del cartongesso
- 26 Pannello in cartongesso
- 27 Infisso in alluminio
- 28 Hold down
- 28 Portafinestra in alluminio





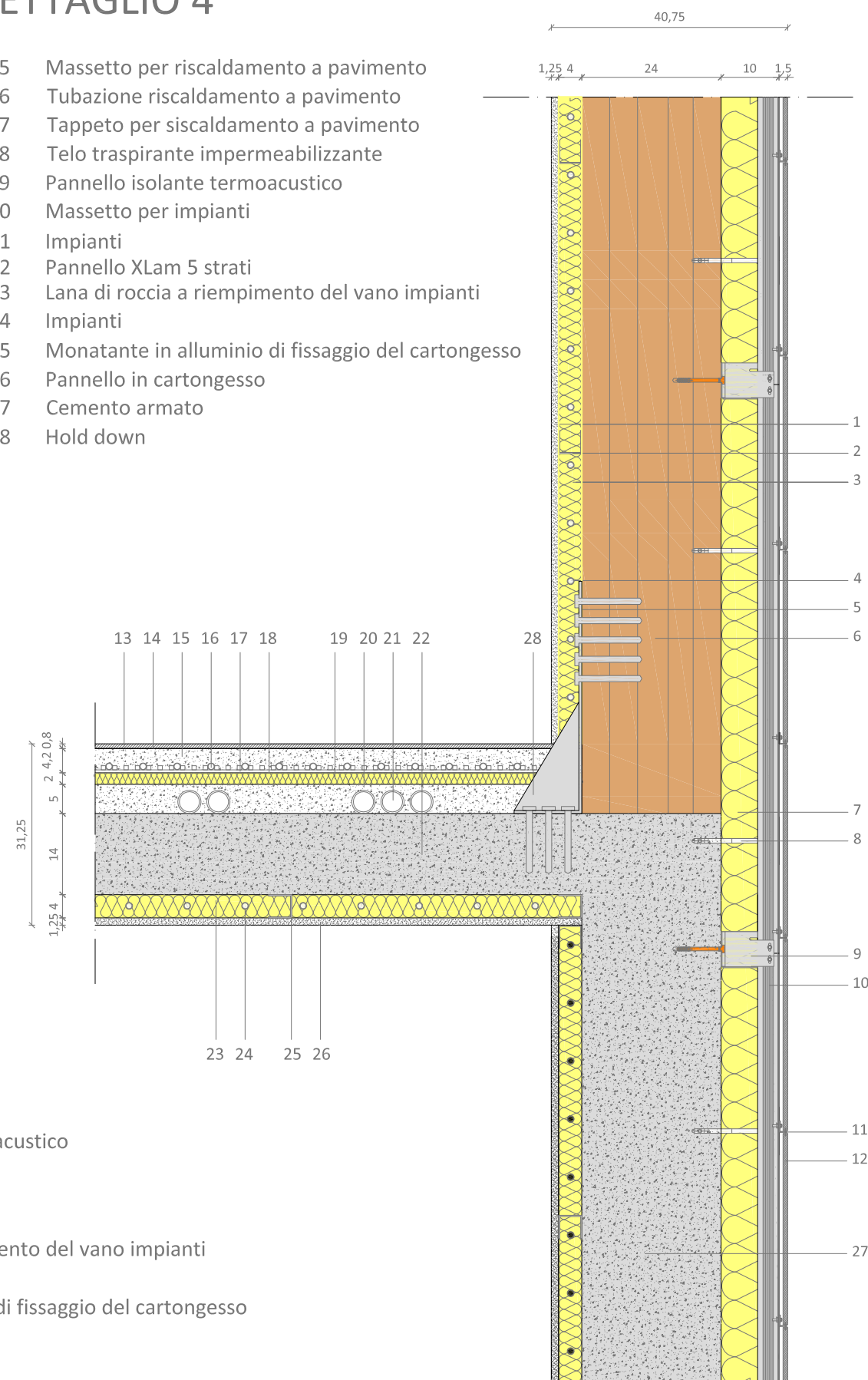
## DETTAGLIO 4



### DETTAGLIO 3

- |   |                                                     |    |                                        |
|---|-----------------------------------------------------|----|----------------------------------------|
| 1 | Pannello in cartongesso                             | 10 | Impianti                               |
| 2 | Monatante in alluminio di fissaggio del cartongesso | 11 | Pannello in cartongesso                |
| 3 | Lana di roccia a riempimento del vano impianti      | 12 | Hold down                              |
| 4 | Impianti                                            | 13 | Pavimento                              |
| 5 | Barriera al vapore                                  | 14 | Colla da pavimento                     |
| 6 | Pannello Xlam 5 strati                              | 15 | Massetto per riscaldamento a pavimento |
| 7 | Barriera al vapore                                  | 16 | Tubazione riscaldamento a pavimento    |
| 8 | Monatante in alluminio di fissaggio del cartongesso | 17 | Tappeto per riscaldamento a pavimento  |
| 9 | Lana di roccia a riempimento del vano impianti      | 18 | Telo traspirante impermeabilizzante    |

- |    |                                                     |       |
|----|-----------------------------------------------------|-------|
| 15 | Massetto per riscaldamento a pavimento              |       |
| 16 | Tubazione riscaldamento a pavimento                 | _____ |
| 17 | Tappeto per riscaldamento a pavimento               |       |
| 18 | Telo traspirante impermeabilizzante                 |       |
| 19 | Pannello isolante termoacustico                     |       |
| 20 | Massetto per impianti                               |       |
| 21 | Impianti                                            |       |
| 22 | Pannello XLam 5 strati                              |       |
| 23 | Lana di roccia a riempimento del vano impianti      |       |
| 24 | Impianti                                            |       |
| 25 | Monatante in alluminio di fissaggio del cartongesso |       |
| 26 | Pannello in cartongesso                             |       |
| 27 | Cemento armato                                      |       |
| 28 | Hold down                                           |       |



- |    |                                                     |
|----|-----------------------------------------------------|
| 19 | Pannello isolante termoacustico                     |
| 20 | Massetto per impianti                               |
| 21 | Impianti                                            |
| 22 | Pannello XLam 5 strati                              |
| 23 | Lana di roccia a riempimento del vano impianti      |
| 24 | Impianti                                            |
| 25 | Monatante in alluminio di fissaggio del cartongesso |
| 26 | Pannello in cartongesso                             |